

DM

Avaliação e Valorização de Recursos Agrícolas:
Avaliação nutricional e mineral de variedades tradicionais de
batata-doce (Ipomoea batatas L.) provenientes da Madeira e Açores
Nuno Miguel Velosa Nunes

Avaliação e Valorização de Recursos Agrícolas:
Avaliação nutricional e mineral de variedades
tradicionais de batata-doce (Ipomoea batatas L.)
provenientes da Madeira e Açores

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nuno Miguel Velosa Nunes
MESTRADO EM BIOQUÍMICA APLICADA

A Nossa
Universidade

Colégio dos Jesuítas
Rua dos Ferreiros - 9000-082, Funchal

Tel: +351 291 209400
Fax: +351 291 209410
Email: gabinetedareitoria@uma.pt




UNIVERSIDADE da MADEIRA
A Nossa Universidade
www.uma.pt

setembro | 2011

DIMENSÕES: 45 X 29,7 cm

PAPEL: COUCHÊ MATE 350 GRAMAS

IMPRESSÃO: 4 CORES (CMYK)

ACABAMENTO: LAMINAÇÃO MATE

NOTA*

Caso a lombada tenha um tamanho inferior a 2 cm de largura, o logótipo institucional da UMa terá de rodar 90°, para que não perca a sua legibilidade/identidade.

Caso a lombada tenha menos de 1,5 cm até 0,7 cm de largura o laoyut da mesma passa a ser aquele que consta no lado direito da folha.



Avaliação e Valorização de Recursos Agrícolas:
Avaliação nutricional e mineral de variedades
tradicionais de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)
provenientes da Madeira e Açores

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nuno Miguel Velosa Nunes

MESTRADO EM BIOQUÍMICA APLICADA

ORIENTAÇÃO

Miguel Ângelo Almeida Pinheiro de Carvalho

Agradecimentos

Inicio este agradecimento, valorizando a ajuda emocional da família. Porque realmente não precisamos de alguém que nos diga o que fazer, apenas que nos apoie nas nossas ideias e que nos faça acreditar que concretizamos os nossos projectos com apenas a nossa força de vontade. Dito isto quero agradecer aos meus pais, Abel Nunes e Carmo Nunes e irmã, Cláudia Nunes, por estarem sempre presentes na minha vida. Também à minha namorada Rubina Silva por sempre ter acreditado em mim, por vezes mais do que eu, e aos pais dela, Teresa Silva e Rui Silva que de uma forma directa ou indirecta sempre me apoiaram. A estas pessoas quero agradecer do fundo do meu coração por toda a ajuda que a mim me proporcionaram.

Aos meus camaradas do exército, os quais me apoiaram durante todo o tempo e em especial ao Inácio Camacho que insistiu para eu entrar na Universidade, quando eu pensava em não estudar mais.

Aos meus colegas do Banco de Germoplasma e aos que por lá passaram, quero agradecer toda a ajuda que me deram e pelos bons momentos vividos, pois a vida não se resume apenas a trabalhar, mas também a criar laços de amizade os quais nunca são esquecidos.

Agradeço também aos meus amigos académicos pelos bons momentos ao longo de 6 anos da minha vida, passados nesta instituição.

Ao Prof. Dr. José Marques e à Dr.^a Vanda por todo o apoio cedido no HPLC.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Miguel Ângelo Carvalho por todo o apoio que me concedeu ao longo deste trabalho.

Resumo

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de avaliar nutricionalmente variedades agrícolas regionais madeirenses e açorianas de *Ipomoea batatas* L. (batata-doce). No total 18 amostras foram analisadas, entre as quais 11 são variedades provindas da Madeira e outras 7 provindas dos Açores.

O maior objectivo deste estudo foi comparar a composição nutricional e mineral de um conjunto de variedades de batata-doce, valorizando assim os recursos agrícolas da Madeira e Açores. A caracterização nutricional e mineral dos rizomas, produzidos nestas regiões, proporcionou informação relevante para a valorização destes recursos. Sendo um rizoma tropical consumido habitualmente pela população e disponível todo o ano, torna essencial a sua avaliação. A análise laboratorial dos rizomas permitiu determinar um conjunto de características nutricionais. De um modo geral, os valores nutricionais médios detectados em rizomas de batata-doce destas duas regiões são de 93,64 g/100g de MS para o resíduo seco, 3,01 g/100g de MS para cinzas, 3,19 g/100g de MS para fibra (ADF), 1,21 g/100g de MS para gordura bruta, 3,20 g/100g de MS para proteína, 14,00 g/100g de MS para açúcares solúveis e 59,72 g/100g de MS para o amido. A análise mineral incluiu a determinação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco, manganês e boro.

Na variedade “De cenoura” (ISOP 1028), foi quantificado o nível de pro-vitamina A pela técnica de HPLC, que foi verificado ser 12,48 mg/100g em MS de β -caroteno.

Os dados obtidos na análise nutricional foram usados para construir uma base de dados no NIRS (Near Infra-Red Spectroscopy) de modo a construir um modelo de previsão que possa prever o valor nutritivo de um grande número de amostras em tempo reduzido, com um mínimo de impacto ambiental. Posteriormente, os dados obtidos através das análises nutricionais e minerais foram introduzidos no software estatístico SPSS 19.0 para determinar correlações e similaridades.

Palavras-chave: batata-doce, NIRS, parâmetros nutricionais, pro-vitamina A, avaliação estatística e variedades.

Abstract

This work was developed in order to evaluate nutritionally regional crop varieties of *Ipomoea batatas* L. (sweetpotato) from Madeira and Azores. A total of 18 samples were analysed, of which 11 are varieties from Madeira and 7 from Azores.

The main objective of this study was to compare the nutritional and mineral composition of a number of varieties of sweetpotato, thus enhancing the information of agricultural resources provided from Madeira and Azores. The mineral and nutritional characterization of sweetpotatoes, provided relevant information to the value of its agricultural resources, because its a tropical rhizome usually consumed by the population, available all year. Laboratory analysis has determined a set of nutritional characteristics. In general, the average nutritional values found in rhizomes of sweetpotatoes in these two regions are of 93,64 g/100g for dry matter, 3,01 g/100g of DM for the ashes, 3,19 g/100g of DM for fiber (ADF), 1,21 g/100g DM for crude fat, 3,20 g/100g of DM for protein, 14,00 g/100g DM in soluble sugars and finally 59,72 g/100g DM for starch. The mineral analysis included determination of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, copper, zinc, manganese and boron.

In the variety "De cenoura" ISOP (1028), was quantified the level of pro-vitamin A by HPLC technique, and a quantity of 12,48 mg/100g in DM of β -carotene was detected.

The data obtained in the nutritional analysis were used to build a database on NIRS (Near Infra-Red Spectroscopy) to start a prediction model that could be able to predict the nutritional value of a large number of samples in less time, with a minimal environment impact. Subsequently, the data obtained through the nutritional and mineral analysis have been introduced into the statistical software SPSS 19.0 to determine similarities and correlations.

Keywords: sweetpotato, NIRS, nutritional parameters, pro-vitamin A, statistical evaluation and varieties.

Índice Geral

Agradecimentos.....	1
Resumo.....	2
Abstract	3
Índice Geral	4
Lista de abreviaturas.....	8
Índice de tabelas	10
Índice de figuras	14
Índice de equações	17
1 Introdução	18
2 Revisão Bibliográfica.....	20
2.1 A origem da batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.)	20
2.2 Cultivo de batata-doce na Região Autónoma da Madeira	21
2.3 Taxonomia e morfologia	21
2.4 Caracterização e formação do rizoma	22
2.5 Caracterização Nutricional	23
2.5.1 Humidade	23
2.5.2 Cinzas e Minerais	24
2.5.2.1 Cálcio.....	24
2.5.2.2 Cobre	25
2.5.2.3 Ferro.....	25
2.5.2.4 Fósforo.....	26
2.5.2.5 Magnésio	26
2.5.2.6 Manganês.....	27
2.5.2.7 Potássio.....	27
2.5.2.8 Zinco	28

2.5.3	Fibra	28
2.5.4	Gordura Bruta.....	30
2.5.5	Proteína.....	31
2.5.6	Hidratos de Carbono.....	33
2.5.6.1	Açúcares solúveis	34
2.5.6.2	Amido	35
2.5.6.2.1	Amilose	35
2.5.6.2.2	Amilopectina	36
2.5.6.2.3	Caracterização dos grãos de amido	36
2.5.6.2.4	Quantificação de amido.....	37
2.5.7	Cromatografia Líquida. Análise de pro-vitamina A.....	37
2.5.7.1	Vitaminas.....	39
2.5.7.1.1	Vitamina A.....	39
2.5.7.1.1.1	Formação dos carotenóides.....	40
2.5.7.1.1.2	Caracterização dos carotenóides.....	41
2.5.7.1.1.3	Análise dos carotenóides	42
2.5.7.1.1.4	Mecanismo de acção antioxidante dos carotenóides	42
2.5.7.1.1.5	Quantidade presente nos rizomas de batata-doce	42
2.6	Transformação físico-química dos rizomas de batata-doce	43
2.7	Análise espectroscópica.....	44
2.7.1	Princípio Teórico.....	44
2.7.2	Equipamento NIRS	46
2.7.3	Espectro NIR.....	46
2.7.4	Quimiometria	48
2.7.4.1	Pré -Tratamento Espectral	48
2.7.4.2	Análise multivariada.....	49
2.7.4.3	Validação do modelo	50

3	Material e Métodos	51
3.1	Transformação dos rizomas em farinha.....	51
3.1.1	Processo de liofilização	51
3.1.2	Tratamento com bissulfito de sódio	53
3.2	Análise centesimal das amostras de batata-doce	54
3.2.1	Humidade Relativa	54
3.2.2	Cinzas	54
3.2.3	Minerais.....	55
3.2.3.1	Determinação do Azoto	55
3.2.3.2	Determinação do Fósforo e Boro.....	55
3.2.3.3	Determinação do Cálcio, Magnésio, Ferro, Cobre, Zinco, Manganês e Potássio	55
3.2.4	Fibra	56
3.2.5	Gordura Bruta.....	56
3.2.6	Proteína Bruta.....	57
3.2.7	Açúcares solúveis totais	57
3.2.8	Amido.....	58
3.2.9	Extracção e análise de pro-vitamina A.....	58
3.2.10	Composição centesimal por NIRS	59
3.3	Tratamento e análise estatística	60
4	Resultados e Discussão	61
4.1	Processamento do material para análise	62
4.2	Análise nutricional e mineral.....	64
4.2.1	Rizomas provindos da Madeira.....	65
4.2.2	Rizomas provindos dos Açores	69
4.3	Composição nutricional e mineral da batata-doce. Análise estatística.....	73
4.4	Análise multivariada.....	84

4.5	Doseamento de vitamina A. Optimização da técnica	94
4.6	Avaliação nutricional da batata-doce por NIRS	97
5	Conclusão.....	104
6	Perspectivas futuras	106
7	Bibliografia	107
8	Anexos	114

Lista de abreviaturas

AACC – Associação de Química Analítica de Cereais

AOAC – Associação Oficial de Química Analítica

ADF – Fibra por Detergente Ácido

ANN – Redes Neurais Artificiais

BHT – Hidroxitolueno Butilado

CTAB – Brometo de CetilTrimetilAmónio

DDR – Dose Diária Recomendada

DP – Desvio Padrão

RAE – Equivalentes de Actividade de Retinol

FAO – Organização de Alimentos e Agricultura

HPLC – Cromatografia Líquida de Alto Desempenho

ISOP - Código atribuído aos acessos no Banco de Germoplasma ISOPlexis

MED – Média

MLP – Multi Camadas Perceptron

MS – Massa Seca

MSC – Correção de espalhamento Multiplicativo

MVSP – Pacote Estatístico Multi-Variado

NIRS – Espectroscopia Próxima ao Infra-Vermelho

PCA – Análise dos Componentes Principais

PCOA – Análise por Coordenadas Principais

PCR – Regressão por Componentes Principais

PLSR – Regressão por Mínimos Quadrados Parciais

PNG – Papua Nova Guiné

RSD – Desvio Padrão Relativo

RSQ – Raíz Quadrada

R^2_{cv} – Raíz Quadrada da Validação Cruzada

R^2_{prev} – Raíz Quadrada da Previsão

SCFA – Ácidos Gordos de Cadeia Curta

SEC – Erro Padrão da Calibração

SECV – Erro Padrão da Validação Cruzada

SEP – Erro Padrão da Previsão

SNVD – Padrão Normal Variável e Detrend

SPSS – Pacote Estatístico para Ciências Sociais

TDF – Fibra Diética Total

UPGMA – Método de Grupo de Pares não Pesados Usando Médias Aritméticas

UV – Ultra-Violeta

Índice de tabelas

Tabela 1 – Variedades de batata-doce da Madeira e Açores utilizadas na análise nutricional. A tabela apresenta os ISOPs de batata-doce madeirenses, que correspondem ao código dado pelo ISO Plexis ao material de propagação que dá entrada no banco e no caso dos Açores, o código é o número do acesso. É também apresentado o nome vernacular, que corresponde ao nome comum geralmente dado pela população geral e origem dos rizomas. 53

Tabela 2 – Análise nutritiva do ISOP de batata-doce “Inglesa”, provindo da exploração de um agricultor do sítio do Covão, Câmara de Lobos, em amostras submetidas aos processos de liofilização, uso de bissulfito de sódio e água gelada. Estes procedimentos permitiram a comparação da influência dos métodos de desidratação e estabilização sobre a composição da amostra. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas por 100 gramas de amostra. 62

Tabela 3 – Dados gerais dos valores nutricionais, dos rizomas de batata-doce, analisados neste trabalho. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas correspondente a cada parâmetro, por 100 gramas de amostra. 64

Tabela 4 – Valores médios obtidos para os parâmetros da composição nutricional das amostras de batata-doce madeirense e respectivo desvio padrão. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas correspondente a cada parâmetro, por 100 gramas de amostra. 65

Tabela 5 – Composição mineral da batata-doce para os ISOPs madeirenses. Macronutrientes e micronutrientes minerais analisados no laboratório para Análises de Solos e Plantas (DRADR/DSLAA, Camacha). Estão também descritos os valores de percentagem de DDR para cada variedade dos parâmetros descritos por Trumbo [25], Decreto-Lei n.º 54/2010 [27] e Yates [91]. Os valores apresentados encontram-se em forma de miligramas por 100 gramas de amostra. 67

Tabela 6 – Valores médios obtidos para os parâmetros da composição nutricional das amostras de batata-doce açorianas e respectivo desvio padrão. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas para cada parâmetro, por 100 gramas de amostra. 69

Tabela 7 – Composição mineral da batata-doce para os acessos açorianos. Macronutrientes e micronutrientes minerais analisados no laboratório para Análises de Solos e Plantas (DRADR/DSLAA, Camacha). Estão também descritos os valores de percentagem de DDR para cada variedade dos parâmetros descritos por Trumbo [25], Decreto-Lei n.º 54/2010 [27] e Yates [91]. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas para cada parâmetro analisado, por 100 gramas de amostra. 71

Tabela 8 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de resíduo seco, nos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas obtidos para cada parâmetro, por 100 gramas de amostra. 73

Tabela 9 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de cinzas nos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas para cada parâmetro analisado, por 100 gramas de amostra. 74

Tabela 10 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os minerais dos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de miligramas obtidos para cada parâmetro, por 100 gramas de amostra. 75

Tabela 11 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de fibra nos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas determinado para cada parâmetro, por 100 gramas de amostra..... 76

Tabela 12 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de gordura bruta nos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas obtido para cada parâmetro, por 100 gramas de amostra em massa seca. 77

Tabela 13 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de proteína nos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma

do número de gramas obtido para cada parâmetro por 100 gramas de amostra em massa seca.	78
Tabela 14 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de açúcar solúvel nos 11 ISOPs de batata doce da Madeira e Açores sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas por 100 gramas de amostra em massa seca.	80
Tabela 15 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de amido nos 11 ISOPs de batata doce da Madeira e para os 7 acessos providos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas por 100 gramas de amostra em massa seca.	81
Tabela 16 – Quantidade de hidratos de carbono nos rizomas de batata-doce. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas por 100 gramas de amostra em massa seca.	83
Tabela 17 – Valores de F e significância obtidos pelo software SPSS 19.0 através do ANOVA One-Way.	89
Tabela 18 – Valores obtidos pela correlação entre variáveis discriminantes e funções canónicas discriminantes padronizadas. São apresentados os valores para cada variável canónica no parâmetro nutricional ou mineral correspondente.	90
Tabela 19 – Valores significativos de correlações entre parâmetros nutritivos e minerais, usando uma correlação bivariada de Pearson que inclui o nível de significância. A estatística foi efectuada com o auxílio do programa SPSS 19.0.	92
Tabela 20 – Valores obtidos na análise de β -caroteno do ISOP 1028 “De cenoura” através da técnica de HPLC. A % de recuperação foi efectuada para determinar a eficiência do processo de extracção.	95
Tabela 21 – Valores obtidos na análise espectral das amostras de farinha de batata-doce no NIRS.	103
Tabela 22 – Resultados obtidos através do SPSS 19.0 para o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov Z.	114

Tabela 23 – Teste ANOVA One-Way utilizando o SPSS 19.0 em amostras de distribuição normal.....	115
Tabela 24 – Multiplas comparações entre grupos para os diferentes parâmetros, utilizando o teste de Tukey HSD no SPSS 19.0.....	117
Tabela 25 – Valores obtidos para os Eigenvalues, percentagem de variância e cumulativa e correlação canónica para as 3 funções que foram utilizadas para determinar os centróides. Este teste foi efectuado no SPSS 19.0.....	125
Tabela 26 – Estudo estatístico efectuado no SPSS 19.0 para determinar se os agrupamentos efectuados através do MVSP 3.1 estão correctos, em que é utilizado a distância de Mahalanobis.	126
Tabela 27 – Correlações de Pearson, efectuadas através do SPSS 19.0, para determinar o tipo de relação que os parâmetros analisados têm entre si.	128
Tabela 28 – Valores obtidos através do MVSP 3.1 na construção do gráfico PCOA para as variedades de batata-doce analisadas neste trabalho.....	132
Tabela 29 – Valores obtidos através do MVSP 3.1 na construção do gráfico PCOA para as variedades de batata-doce analisadas neste trabalho e para as ilhas de Salomão, Tonga, PNG, Samoa, Fiji e Sri Lanka.	133
Tabela 30 – Valores obtidos através do MVSP 3.1 na construção do gráfico PCOA para as médias calculadas das variedades de batata-doce analisadas neste trabalho e para as ilhas de Salomão, Tonga, PNG, Samoa, Fiji e Sri Lanka.	134

Índice de figuras

Figura 1 – O centro geográfico da origem de <i>Ipomoea batatas</i> L. e os seus parentes mais próximos, adaptado de Lebot [8].	20
Figura 2 – Representação de uma molécula de amilose, adaptado de Stick [60].	36
Figura 3 – Representação de uma molécula de amilopectina, adaptado de Stick [60].	36
Figura 4 – Representação esquemática de cromatografia de fase normal (a) e de cromatografia de fase reversa (b). Adaptado de Dong [62].	38
Figura 5 – Representação das estruturas moleculares de α -caroteno, β -caroteno e β -criptoxantina. Adaptado de Oliver [71].	41
Figura 6 – Representação esquemática da funcionalidade NIRS, em que a amostra na forma de farinha é irradiada com radiação NIR, e os detectores captam a reflectância difusa reflectida pela amostra. Adaptado de Osborne [78].	46
Figura 7 – Representação das principais bandas de absorção da radiação NIR e a sua localização no espectro electromagnético. Adaptado de Osborne [78].	47
Figura 8 – Gráfico de análise de coordenadas principais aplicando o coeficiente de Gower de similaridade geral, obtido através do software MVSP 3.1. São distinguidos 4 grupos de acessos de batata-doce, o qual foram agrupados devido á sua similaridade nutricional e mineral.	85
Figura 9 – Dendograma construído através do programa estatístico MVSP 3.1, com base no algoritmo UPGMA, que constrói uma rede de similaridade entre os acessos de batata-doce. As caixas apresentadas delimitam os grupos formados, como demonstrado anteriormente. ..	86
Figura 10 – Gráfico de análise de coordenadas principais aplicando o coeficiente de Gower de similaridade geral, para as amostras analisadas neste trabalho e dados referentes à bibliografia consultada para Sri Lanka (Ravindran [22]) e algumas ilhas do Pacífico (Bradbury [90]). Este estudo foi efectuado com base no software MVSP 3.1. São distinguidos	

4 grupos de acessos de batata-doce, o qual foram agrupados devido á sua similaridade nutricional e mineral..... 87

Figura 11 – Gráfico de análise de coordenadas principais aplicando o coeficiente de Gower de similaridade geral, obtido através do software MVSP 3.1. Os dados analisados foram os valores médios nutricionais e minerais comuns a todas as regiões inseridas no gráfico, nomeadamente Madeira, Açores, Sri Lanka (Ravindran [22]) e algumas ilhas do Pacífico (Bradbury [90]). 88

Figura 12 – Gráfico representativo do agrupamento dos 18 acessos de batata-doce segundo análise por PCOA, usando as funções canónicas 1 e 2 para determinar os valores dos centróides de cada grupo. 91

Figura 13 – Cromatograma representativo dos tempos de retenção de β -criptoxantina (1), α -caroteno mais β -caroteno (2 e 3 respectivamente) e do β -caroteno (4). No eixo dos yy encontra-se representado as unidades de absorção e no eixo dos xx o tempo que o padrão foi retido na coluna apolar do HPLC. 94

Figura 14 – Cromatograma em que se encontra representado o padrão de β -caroteno (1) e o β -caroteno extraído da farinha de batata-doce do ISOP 1028 “De cenoura” (2). 95

Figura 15 – Gráfico representativo de todas as amostras lidas pelo NIR para o modelo de previsão, em que a absorvância é identificada como Log de 1/R, em que R é a reflectância, versus o comprimento de onda aplicado á amostra. 98

Figura 16 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para o resíduo seco. 99

Figura 17 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para as cinzas ou resíduo mineral. 99

Figura 18 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para a fibra (ADF). 100

Figura 19 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para a gordura bruta. 100

Figura 20 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para proteína.....	101
Figura 21 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para o açúcar solúvel.....	101
Figura 22 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos, obtidos em laboratório para o amido.....	102

Índice de equações

Equação 1 – O valor da reflectância deriva da divisão entre a intensidade de luz reflectida da amostra e da intensidade de luz com que a amostra foi irradiada inicialmente. Adaptado de Osborne [78].	47
Equação 2 – O valor da percentagem de massa seca é igual ao peso final da amostra depois de seca a dividir pelo peso inicial da amostra, multiplicando depois por 100.	54
Equação 3 – Determinação da percentagem de azoto total presente na amostra. Adaptado de LabConco [49].	57

1 Introdução

A quantificação dos parâmetros nutricionais dos alimentos permite compreender a sua contribuição para os requisitos da dieta alimentar e a sua resistência às eminentes alterações climáticas. Nesse rumo de preocupação, várias espécies vegetais foram caracterizadas e determinou-se que uma das culturas com essas características de tolerância é a batata-doce. Chalker-Scott [1], Tudela [2] e Winkel-Shirley [3] descrevem a batata-doce como sendo uma planta tolerante a quantidades limitadas ou excessivas de água, a doenças, pestes e que pode alcançar um bom desenvolvimento em solos com baixa fertilidade.

Domesticada na América Tropical há mais de 5 mil anos (Thottappilly [4]), a batata-doce, devido à sua versatilidade e adaptabilidade, produz mais de 133 milhões de toneladas globalmente por ano, onde 80 % da produção Mundial provém da Ásia, 15 % de África e 5 % do Resto do Mundo (Loebenstein [5]). Portugal é o único país integrado na União Europeia que produz uma quantidade razoável deste rizoma, que ronda cerca de 23 000 toneladas por ano (CIP [6]).

A batata-doce é cultivada em diversas condições ecológicas, sendo considerada uma cultura de subsistência ou de segurança nos países em desenvolvimento, onde cresce em condições marginais (Loebenstein [5]). Nos países em desenvolvimento, a batata-doce classifica-se em 5º pelo valor económico de produção, 7º pela produção energética e 9º pela produção proteica e apresenta uma tremenda flexibilidade na sua utilização como alimento, ração animal ou produção industrial (Thottappilly [4]).

A análise nutricional realizada neste trabalho apresenta-se como um primeiro passo na determinação das qualidades nutricionais das variedades regionais de batata-doce.

Diferentes variedades de rizomas de batata-doce são distinguidos como acessos, em que este termo representa cultivares que não foram exaustivamente comparadas, para determinar se existem duplicados na colecção. O Banco de Germoplasma, ISOPlexis, decidiu adoptar a determinação ISOP a cada acesso presente no seu banco, com o nº referente à entrada desse acesso. Portanto neste trabalho irão ser referidos ISOPs, que destinam-se às variedades de batata-doce madeirenses presentes em colecção neste banco, e acessos, referente às variedades provindas dos Açores, as quais não fazem parte da colecção.

Os ISOPs de batata-doce madeirense usados neste trabalho, foram cultivados no campo de ensaio da Universidade da Madeira para que as condições de campo fossem iguais para todos. A propagação do material vegetativo foi realizado pelo Banco de Germoplasma

ISOPlexis, que efectua também a recolha, manuseamento e conservação de várias culturas da R.A.M., tendo como principal objectivo a avaliação e valorização dos recursos genéticos, aumentando assim a sua colecção de material de propagação, preservando a biodiversidade vegetal madeirense.

A técnica NIRS (Near Infra-Red Spectroscopy) foi utilizada neste trabalho na construção de um modelo de previsão nutricional, em que foram introduzidos no modelo os valores obtidos em laboratório pelo uso de “química molhada”.

Esta dissertação está estruturalmente dividida numa revisão bibliográfica de modo a situar a importância deste estudo nas mais diversas abordagens do cultivo ao nível regional e mundial, seguida da abordagem do material e métodos, da análise dos resultados e discussão, finalizando com a sua conclusão, bibliografia utilizada, perspectivas futuras e anexos.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 A origem da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)

Rossel [7] refere no seu trabalho que a batata-doce teve origem na região entre a península de Yucatan no México e do Rio de Orinoco na Venezuela. Esta origem foi determinada pelo número de espécies relacionadas com a cultura e pela análise da sua variação morfológica. Foi também descoberto nas cavernas de Chilca, no Peru amostras ancestrais de batata-doce, as quais foram datadas pelo método de radiocarbono, demonstrando possuir cerca de 8000 anos (Lebot [8]). Nishiyama [9] usou o número de cromossomas e análise genómica para definir um grupo de batatas constituídas por 4 espécies americanas relacionadas: *I. batatas*, *I. trifida*, *I. littoralis* e *I. leucantha*. As polinizações cruzadas entre espécies selvagens, seguido de selecção e domesticação de genótipos de interesse, podem ter produzido a espécie hexaplóide de *I. batatas* (Lebot [8]).

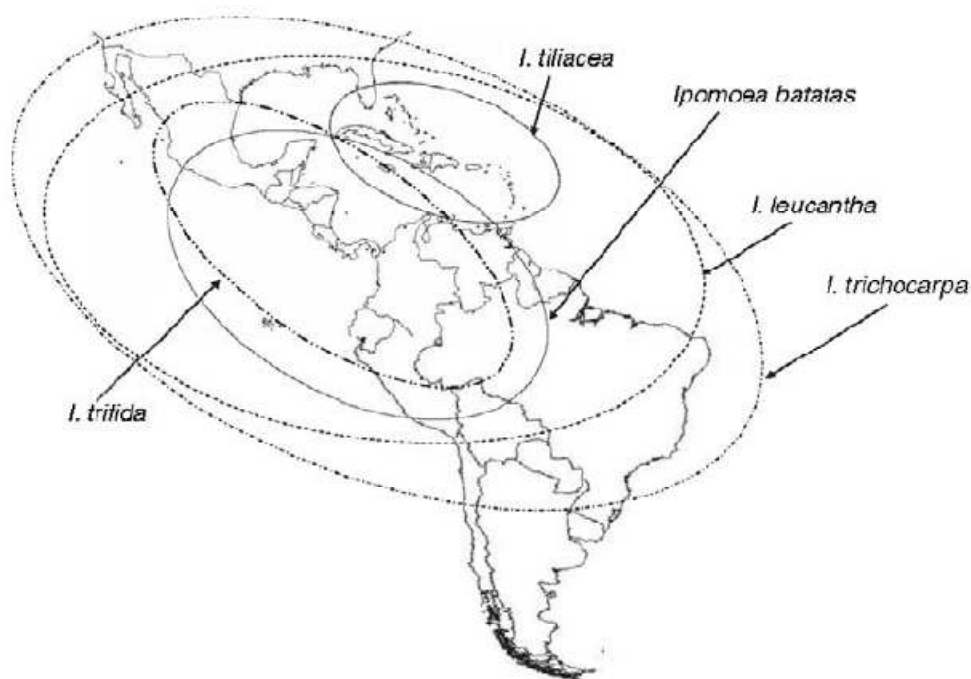


Figura 1 – O centro geográfico da origem de *Ipomoea batatas* L. e os seus parentes mais próximos, adaptado de Lebot [8].

Esta planta foi domesticada na América Central sendo uma das primeiras culturas na Europa a partir da América, como resultado da viagem de Colombo em 1492. Da Europa esta

cultura foi levada pelos exploradores portugueses no século XVI para África, Índia, Sudeste de Ásia e Índias Orientais (Rossel [7]).

A batata-doce entra na história da alimentação mundial por ser uma das culturas a que as populações recorreram para resistir à fome. Dois destes casos ocorreram antes da 1ª guerra Mundial, quando os Japoneses usaram a batata-doce para substituir o arroz, cuja produção foi dizimada pelos tufões e em 1990 no Uganda, quando um vírus devastou as populações de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), tendo a população que recorrer à plantação de batata-doce para suprir as necessidades. A batata-doce é um cultivo tolerante à seca com uma grande tolerância a diversas condições edáficas e climáticas. A batata-doce é mais tolerante ao frio que outras raízes tropicais e o cultivo dos seus rizomas pode ser propagado até uma altitude de 2500 metros, em relação ao nível médio do mar (Lebot [8]). Junto com os maiores cultivos do mundo, a batata-doce produz a maior quantidade de energia comestível por hectare, por dia (Singh [10]).

2.2 Cultivo de batata-doce na Região Autónoma da Madeira

A batata-doce é uma das culturas hortícolas mais importantes no arquipélago da Madeira, tendo sido introduzida nesta região em meados do século XVII. Segundo Vieira [11], é cultivada em todos os concelhos da Madeira e do Porto Santo, mas com maior produção nos concelhos de Santana, Ponta do Sol, Calheta, Machico e Ribeira Brava. O cultivo desta planta ocorre desde o litoral até aos 700 metros de altitude e inicia-se com a plantação da rama, parte aérea da planta, denominada ruralmente por estaca, e termina ao fim de 120 a 270 dias com colheita dos rizomas. Nas zonas mais frias da ilha, a plantação é feita de Maio a Julho com colheita entre Outubro e Dezembro. Nas zonas mais quentes as plantações processam-se todo o ano. A área de produção reservada a esta cultura na Madeira compreende 400 hectares, resultando numa produção anual de 6000 toneladas (DREM [12]).

2.3 Taxonomia e morfologia

A batata-doce pertence à família Convolvulaceae, sendo denominada cientificamente por *Ipomoea batatas* L. Existe aproximadamente 50 géneros e mais de 1000 espécies desta família, sendo apenas a *I. batatas* L. com importância agrícola e económica como alimento. A intervenção humana na domesticação, seleccionando artificialmente a batata-doce, como

também a ocorrência de hibridizações naturais e mutações, resultou num grande número de variedades, landraces e cultivares. Estas diferem entre si pela cor da pele do rizoma (branco, creme, castanho, amarelo, vermelho e roxo) ou da parte interna (branco, creme, amarelo, laranja, vermelho e roxo), pelo tamanho, forma das raízes e folhas, pela profundidade de enraizamento, produtividade, tempo de maturação, floração, presença de caracteres agronômicos e resistências a doenças e pragas (Woolfe [13]).

Segundo Turland [14], é uma planta perene com folhas pecioladas inteiras e lobadas, de 2,5 a 11 cm de comprimento, sem tricomas ou raros. Caules usualmente com várias flores e pedúnculos usualmente com 2 pequenas brácteas. Corola com 3 a 4 cm em forma de funil com alguns pêlos, no qual pode exibir as cores branco, rosa e violeta. Sépalas de 8 a 11 com um tamanho de 2 a 5 mm, no qual apresentam uma forma elíptico-lanceoladas. Lebot [8], complementa que os caules podem ser prostrados ou pendentes, com um diâmetro de cerca 3 a 10 mm, com distância entre nós variando entre 2 a 20 cm de distância. O caule pode medir de 1 a 5 m dependendo da cultivar/variedade. A sua epiderme é composta por finas camadas de células, onde estão presentes estomas e pêlos. Sob a epiderme está o córtex do caule e quando este é cortado, exsuda abundantemente látex branco. A cor das folhas é variável, de verde a roxo escuro, por vezes com manchas roxas na sua base ou com veias verdes e roxas. As flores são solitárias ou em grupos de até 22 gomos, crescendo para fora das axilas das folhas. Cada flor com 5 sépalas, 5 pétalas, 5 estames e 1 pistilo composto. São produzidos pela planta 5 a 10 raízes de armazenamento pelo engrossamento da raiz adventícia.

2.4 Caracterização e formação do rizoma

Do ponto de vista biológico, o rizoma da batata-doce é um órgão único, por ser uma raiz bifuncional envolvida no armazenamento de nutrientes e na propagação vegetativa. A sua formação ocorre quando a raiz adventícia desenvolve o câmbio primário, entre o protofloema e o protoxilema, e suprime a lignificação do cilindro central. Posteriormente dá-se a activação da divisão celular e ocorre a expansão do meristema secundário no xilema, resultando num rápido aumento do diâmetro da raiz (Tanaka [15]). O aumento de diâmetro da raiz adventícia é originado pelo crescimento secundário, com a diferenciação das células parênquimatosas do xilema secundário (Cabral [16]), que acumulam maioritariamente grânulos de amido, que são armazenados nas células do floema (Chang [17]).

2.5 Caracterização Nutricional

A composição nutricional da batata-doce oscila com a variedade, solo, condições climáticas, tempo de colheita, grau de maturação, fertilidade do solo, grau de crescimento da raiz, condição de manuseamento depois da colheita e armazenamento (Olukungle [18]). O rizoma pode apresentar um menor rendimento devido à sensibilidade que as plantas possuem às alterações ambientais e climáticas. A quantidade de matéria seca, açúcares redutores e conteúdo proteico nos rizomas são algumas das características de qualidade que são afectados pelo stress provocado pela falta de água, podendo então ser melhorado por regimes apropriados de irrigação, apesar da quantidade de amido e açúcares totais não serem afectados por estas variações (Ekanayake [19]).

2.5.1 Humidade

Neste trabalho, as amostras de rizomas de batata-doce foram transformadas em farinha, para que o material de análise se mantivesse inalterado durante o período de estudo aos parâmetros seleccionados.

O teor de humidade da farinha de batata-doce é considerado uma característica de qualidade, porque a água pode acelerar a sua deterioração química ou microbiológica. A humidade está directamente relacionada com o estado de maturação dos rizomas no tempo de transformação em farinha, método e tempo de secagem, período e condições de armazenamento. O teor de água na farinha deve estar em torno de 13%, em que teores de água acima de 14% tendem a formar aglomerados, o que prejudica a qualidade e comercialização do produto. Na farinha com teor de água acima dos 14% existe a possibilidade de desenvolvimento de microrganismos como bactérias e fungos e diminuição da estabilidade da farinha, já que a água é um componente essencial para que as reacções químicas e enzimáticas ocorram, reduzindo assim a vida útil. A humidade contida na farinha de batata-doce varia entre 4,4 e 13,2% (Hal [20]). Jangchud [21] determinaram valores na ordem de 8 a 10% de humidade na farinha de batata-doce.

2.5.2 Cinzas e Minerais

As cinzas ou resíduo mineral fixo correspondem à fracção inorgânica ou mineral da amostra. Maior teor de cinzas está relacionado com um maior teor de sais minerais (Oliveira [22]). As cinzas na batata-doce apresentam valores entre 2,34 e 4,19 g/100g de MS (Ravindran [23]).

Os minerais podem ser divididos em 3 grupos, nomeadamente os macrominerais (cálcio, cloro, magnésio, fósforo, potássio, sódio e enxofre), os microminerais (crómio, cobre, iodo, ferro, selénio e zinco) e os ultraminerais (arsénio, boro, bromo, cobalto, flúor, chumbo, lítio, manganês, molibdénio, níquel, silício, vanádio e estanho) (Navarra [24]). O potássio é o mineral presente em maior quantidade nos rizomas de batata-doce, que no geral, são uma boa fonte de minerais (Ravindran [23]).

Os minerais que são descritos pormenorizadamente de seguida foram os minerais analisados neste trabalho, e cujo papel no organismo humano é considerado relevante.

2.5.2.1 Cálcio

O mineral mais abundante no corpo humano, sendo que 99% do total encontra-se nos ossos. Os restantes 1% encontram-se nos dentes e tecidos moles, e destes 1% 0,1% está presente no fluido extracelular, que participam na regulação de várias funções corporais. O cálcio perfaz cerca de 1,9% do peso corporal do homem, devendo ser ingerido cerca de 180 mg por dia durante os primeiros 20 anos de vida. O cálcio está no esqueleto sob a forma de hidroxiapatite $[Ca_{10}(OH)_2(PO_4)_6]$, estando embebido em fibrilhas de colagénio (WHO [25]).

O cálcio é absorvido no intestino delgado, mas requer a presença de vitamina D. A falta de cálcio pode provocar osteoporose e o baixo nível no sangue provoca o aumento da sensibilidade muscular, resultando em espasmos musculares ou tetania. Cãibras musculares ocorrem quando os níveis de cálcio no sangue são muito baixos o que é particularmente mais comum durante a gravidez. O consumo exagerado de cálcio e posterior toxicidade pode provocar pedras nos rins, interferir com a absorção de ferro, zinco e outros minerais no intestino (Navarra [24]).

Trumbo [26], refere no seu trabalho que o nível mínimo de cálcio que deve ser ingerido por dia é de 1,0 g para homens e mulheres com idades compreendidas entre os 19 e 50 anos de idade.

2.5.2.2 Cobre

Elemento metálico essencial à nutrição humana. Um adulto em média armazena cerca de 100 a 150 mg de cobre no fígado, cérebro, coração, rins e cabelo. O cobre desempenha um papel essencial na utilização do ferro na síntese de hemoglobina, estando também envolvido no metabolismo da vitamina C, na sensação de gosto, no desenvolvimento dos ossos e da mielina (cobertura de fibras nervosas). O cobre está envolvido em várias reacções enzimáticas do metabolismo energético, oxidação de ácidos gordos e formação de melanina (pigmento da pele). A deficiência de cobre é rara mas pode provocar anemia, baixo número de glóbulos brancos, má formação óssea e redução do crescimento. As fontes dietéticas são o fígado e outros órgãos, marisco, nozes, legumes, cereais e passas de uva. A sua toxicidade pode provocar a doença de Wilson, desordem adquirida que causa hepatite (inflamação do fígado), disfunções neurológicas e degeneração das lentes do olho por acumulação de cobre em excesso. A vitamina C pode interferir com a absorção de cobre, o que traz algum benefício na doença de Wilson (Navarra [24]).

Este mineral deve ter um consumo diário mínimo de 0,9 mg para homens e mulheres, com idades compreendidas entre os 19 e 50 anos de idade (Trumbo [26]).

2.5.2.3 Ferro

Este mineral é essencial à dieta humana, pois participa em várias funções vitais do corpo. O seu papel principal é o transporte de oxigénio, a partir dos pulmões para os tecidos, através da hemoglobina dos eritrócitos, onde está presente a maior quantidade deste mineral no corpo humano. Para além desta utilização, enzimas denominadas de citocromos, utilizam o ferro na sua constituição para actuar como transportadores de electrões, especificamente nas mitocôndrias (WHO [25]). O ferro é armazenado reversivelmente no baço, fígado e medula óssea na forma de ferritina e hemosiderina, sendo absorvido pela mucosa intestinal. O conteúdo de ferro é regulado por um complexo equilíbrio entre o ferro armazenado total, a quantidade e tipo de ferro nos alimentos e por outros factores dietéticos, devendo ser ingerido diariamente 300 mg de ferro para manter o corpo saudável. A diminuição da sua ingestão eventualmente reduz a quantidade de eritrócitos e hemoglobina, podendo por vezes acontecer também que os eritrócitos fiquem de menor tamanho do que é normal. A deficiência de ferro pode resultar numa capacidade física reduzida antes que a redução de hemoglobina seja detectada (Navarra [24]). A deficiência nutricional de ferro é provavelmente a deficiência

mineral mais comum em todo o mundo (WHO [25]). Este mineral deve ter um consumo diário mínimo de 8 mg para homens e de 18 mg para mulheres, com idades compreendidas entre os 19 e 50 anos de idade (Trumbo [26]).

2.5.2.4 Fósforo

É um elemento mineral essencial na dieta alimentar, encontra-se em todos os tecidos e está envolvido em quase todos os processos metabólicos. O fósforo é o segundo mineral mais abundante no corpo pois é um importante componente dos ossos e dentes, ocorrendo num rácio de 1 parte de fósforo para 2 partes de cálcio. Aproximadamente 85% deste mineral é encontrado no esqueleto adulto. Este mineral ajuda a manter o equilíbrio ácido-base ou o pH do sangue. O fósforo está presente em quase todos os alimentos e a deficiência dietética é virtualmente desconhecida, porém provoca perda óssea, fraqueza, anorexia e dores (Navarra [24]).

Para homens e mulheres, com idades compreendidas entre os 19 e 50 anos de idade, a quantidade mínima de consumo deste mineral deverá ser de 0,7 g por dia (Trumbo [26]).

2.5.2.5 Magnésio

Elemento metálico, sendo os seus sais nutrientes essenciais. O magnésio é requerido em mais de 300 reacções enzimáticas, que são necessárias ao normal funcionamento celular. O magnésio participa na conversão de hidratos de carbono, proteínas e gorduras em energia, na síntese de proteínas e do material genético. O sistema nervoso central é dependente do magnésio para a transmissão de impulsos. Os músculos contraem-se quando o cálcio flui para o interior das células musculares e relaxa quando o magnésio substitui o cálcio. O magnésio também ajuda na remoção de toxinas, como a amónia presente no corpo humano. Reacções metabólicas que envolvam tiamina (vitamina B1) e biotina são dependentes do magnésio. Os níveis de magnésio são regulados pelos rins, sendo excretado pela urina e fezes (Navarra [24]).

Efeitos patológicos de deficiência nutricional primária de magnésio são muito pouco frequente em crianças e raramente acontecem em adultos. O défice de magnésio provoca anorexia, náuseas, letargia e perda de peso. O aumento da severidade pode provocar hiper irritabilidade, hiper excitabilidade, espasmos musculares e tetania, conduzindo a convulsões. O magnésio encontra-se amplamente distribuído nos alimentos vegetais e animais. A

geoquímica e outras variáveis ambientais raramente têm influência na sua presença nos alimentos (WHO [25]).

Segundo Trumbo [26], os homens devem consumir uma quantidade mínima de 0,42 g enquanto que mulheres apenas precisam de 0,31 g. Estes valores apresentados são de consumo diário para pessoas com idades compreendidas entre os 19 e 50 anos de idade.

2.5.2.6 Manganês

Elemento metálico essencial na síntese de mucopolissacarídeos e algumas enzimas. O manganês é concentrado nas mitocôndrias da pituitária, fígado, pâncreas, rins e ossos. Está presente em abundância nos recursos vegetais e a deficiência humana é virtualmente desconhecida. A toxicidade tem apenas sido detectada nos trabalhadores expostos a grandes concentrações de pós ou fumos de manganês. A ingestão de grandes quantidades não parece ser tóxico (Navarra [24]).

Trumbo [26] descreve no seu trabalho, que homens com idades compreendidas entre os 19 e 50 anos de idade devem consumir diariamente 2,3 mg de manganês, enquanto que mulheres com o mesmo intervalo de idade, devem consumir no mínimo 1,8 mg.

2.5.2.7 Potássio

O potássio é o principal catião dos músculos e está presente na maioria de outras células. O corpo adulto contém cerca de 250 g de potássio, que é essencial para manter o fluido em equilíbrio nas nossas células, sendo requerido em todas as reacções celulares. Apesar da concentração de potássio no sangue ser pequena, é de grande importância. O potássio é necessário na conversão da glicose em glicogénio, na transmissão de impulsos nervosos, na contracção do músculo-esquelético e na função hormonal. O potássio pode também desempenhar um papel importante na manutenção da pressão sanguínea. Teores sanguíneos baixos de potássio podem causar náuseas e vómitos. Anorexia, falta de concentração, tonturas e comportamento irracional são sinais de um sério esgotamento de potássio, que provoca arritmias e eventual insuficiência cardíaca potencialmente fatal, que ocorre na medida do progresso de deficiência de potássio (Navarra [24]).

É aconselhado que este mineral seja consumido numa dose diária mínima de 2,0 g para homens e mulheres (Decreto-Lei n.º 54/2010 [27]).

2.5.2.8 Zinco

O zinco está presente em todos os tecidos e fluidos do corpo humano. O zinco total presente no corpo humano adulto é cerca de 2,0 g, em que o músculo-esquelético contém cerca de 60%. O zinco presente no plasma apenas ascende aos 0,1% do zinco total. É um componente essencial para muitas enzimas, que participam na síntese e degradação de hidratos de carbono, lípidos, proteínas e ácidos nucleicos como também no metabolismo de micronutrientes. O zinco estabiliza a estrutura dos componentes e membranas celulares, contribuindo para a manutenção da integridade dos tecidos e órgãos. O zinco tem um papel essencial na transcrição, sendo de extrema importância na expressão genética e no sistema imunitário (WHO [25]).

A deficiência de zinco pode provocar perda de apetite, anemia, retardamento do crescimento, sensibilidade reduzida ao gosto, perda de cabelo, cegueira noturna, fobia e mudanças no comportamento. Quando ingerido em demasia provoca toxicidade, resultando em refluxos gástricos e vômitos (Navarra [24]).

Para homens com idades compreendidas entre 19 e 50 anos, devem consumir no mínimo 11 mg por dia deste mineral, enquanto que mulheres com o mesmo intervalo de idade, devem consumir apenas 8 mg (Trumbo [26]).

2.5.3 Fibra

A fibra ingerida através da digestão dos alimentos é constituída por celulose, hemicelulose, lignina, pectinas das paredes celulares entre outros compostos. A fibra não digerida no estômago atravessa do intestino delgado para o cólon, onde pode ser fermentado por bactérias da flora intestinal, sendo o resultado quantidades variáveis de ácidos gordos de cadeia curta e vários gases como CO_2 , H_2 e CH_4 . Os ácidos gordos de cadeia curta são uma importante fonte directa de energia para a mucosa do cólon onde são absorvidos, integrando no metabolismo intermediário (FAO [28]). A quantidade de fibras solúveis na batata-doce é directamente proporcional aos benefícios para a saúde (Huang [29]). A AACC [30] define a fibra alimentar como sendo a *“parte comestível das plantas ou análogos de hidratos de carbono resistentes à digestão e absorção no intestino delgado dos humanos, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. A fibra alimentar inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina, e substâncias associadas à planta. A fibra*

alimentar promove efeitos fisiológicos benéficos, incluindo laxação, e/ou diminuição do colesterol do sangue e/ou da glicose no sangue”.

O papel principal da fibra alimentar no estômago e no intestino delgado consiste em limitar a libertação dos nutrientes, através da intercepção física de açúcares, lípidos e proteínas em partículas sólidas ou redes hidratadas. Outro mecanismo de retenção dos nutrientes pode ter a ver com a dissolução dos polissacarídeos, aumentando a viscosidade do bolo alimentar, reduzindo a taxa de transporte através do epitélio. Ambos os mecanismos centram-se mais nas propriedades físicas das fibras do que nas suas propriedades químicas. A susceptibilidade à fermentação no cólon depende da estrutura química das fibras (Morris [31]).

A ligação de água e gelatinização são manifestações físicas da acção da fibra que influenciam o esvaziamento gástrico, o fluxo fecal e a absorção de nutrientes. As fibras em si, enquanto não sujeitas à digestão no tracto digestivo mamífero, servem como substrato para a microflora intestinal, com a formação subsequente de energia e ácidos gordos de cadeia curta (SCFA), particularmente o acetato de propionato e o butirato, que podem influenciar o metabolismo do hospedeiro. A fibra ajuda a combater a obesidade, devido a vários mecanismos de acção, tais como um maior tempo de trituração, distensão do estômago, atraso do seu esvaziamento e redução da absorção de nutrientes auxiliando na manutenção do peso (Kritchevsky [32]). Vários estudos demonstram que a fibra dietética ajuda a proteger contra as doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade, cancro do cólon e doença diverticular do cólon (McPherson [33]).

Para a determinação de fibra insolúvel por gravimetria, usou-se neste trabalho, o método de detergente ácido (ADF) de Van Soest [34]. Este método depende da capacidade do brometo de hexadeciltrimetilamónio em solução ácida, para dissolver proteínas e outras substâncias da dieta numa mistura complexa. Este método é usado desde 1970 na análise de alimentos, quando o papel da fibra dietética na saúde e doença começaram a despertar o interesse médico. Vem permitir determinar a celulose e lignina presente na amostra. As ligninas são polímeros fenólicos que ocorrem na parede celular das plantas juntamente com a celulose, proporcionando rigidez (Faithfull [35]). A celulose é um polissacarídeo que constitui cerca de 15 a 30% da biomassa da parede celular, sendo este um polímero linear composto por (1→4) β-D-glicano (Peña [36]).

Posteriormente, outros métodos de extracção de fibra foram desenvolvidos permitindo a detecção de outros compostos que fazem parte da fibra alimentar. O método de detergente neutro, desenvolvido por Van Soest [37], utiliza outro princípio na determinação da celulose,

lignina e hemicelulose. Se a remoção de amido se tornar difícil, este método pode prever um passo de digestão enzimática, através da aplicação da α -amilase. No seguimento da determinação da fibra dietética, foram desenvolvidos outros métodos que tentam mimetizar a digestão humana acoplando métodos gravimétricos e enzimáticos, permitindo a determinação da fibra dietética total (TDF) (Prosky [38]).

Na pesquisa bibliográfica não foi possível encontrar qualquer referência à quantidade de ADF presente nos rizomas de batata-doce. As referências encontradas dizem respeito à ADF nas partes aéreas da planta, nomeadamente folhas e caule, tendo a sua determinação sido realizada para avaliar o uso em várias rações para animais. A quantidade de fibra bruta é uma aproximação fidedigna à quantidade de ADF, por esse motivo são representados os seus resultados nesta secção.

A quantidade de fibra bruta na batata-doce varia entre 0,2 e 6,5 g/100g em MS (Jangchud [21]). Ravindran [23], obteve valores de fibra bruta entre 1,89 e 3,48 g/100g em MS.

Trumbo [26], descreve no seu trabalho que a quantidade mínima a ser ingerida por dia, de fibra alimentar, para homens é de 38 g e para mulheres 25 g. Estes valores são para pessoas com idades compreendidas entre 19 e 50 anos.

2.5.4 Gordura Bruta

São grupos de biomoléculas insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos como hexano, dietil éter, ou clorofórmio (Iverson [39]). O isolamento ou extracção de lípidos dos tecidos é realizado pelo uso de vários solventes orgânicos. No princípio a mistura de solventes deve ser adequadamente polar para remover os lípidos das suas ligações, na membrana celular nos tecidos. Os lípidos são geralmente classificados em dois grupos: lípidos não polares ou neutros tais como os triacilglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos, esteróis, entre outros e lípidos polares tais como ácidos gordos livres, fosfolípidos, esfingolípidos, etc. Os solventes orgânicos solubilizam bem os lípidos não polares, mas os lípidos polares, especialmente os fosfolípidos, apenas solubilizam em solventes relativamente polares, sendo então necessário uma mistura de solventes, suficientemente polar para remover os lípidos das suas associações na membrana celular, e suficientemente apolar para dissolver os lípidos não polares (Smedes [40]).

Folch [41] desenvolveu o sistema de fases clorofórmio/metanol/água, designado de método de Folch, que após várias modificações continua a ser considerado uma técnica fiável de extração de lípidos. O método foi testado em tecidos animais, cérebro, fígado e músculo. No interesse da economia, métodos menos exaustivos foram desenvolvidos como o de Bligh [42], que é um dos métodos recomendados na extração de lípidos de amostras biológicas. A vantagem deste método consiste no uso de menos quantidade de solventes que o método de Folch, apesar de serem praticamente idênticos. Iverson [39] testou os dois métodos e concluiu que não diferem quando utilizados em amostras com menos de 2% de lípidos.

Na determinação dos lípidos totais ou gordura bruta da batata-doce, foi usado o método de Bligh [42]. Este método foi desenvolvido para a extração de lípidos totais de peixe, mas é aplicado na extração de lípidos de vários tecidos de plantas e animais (Ötles [43]). No procedimento de Bligh [42], a primeira solubilização com solventes, serve para destruir a associação entre os lípidos e os constituintes celulares. A adição de clorofórmio no segundo passo melhora a solubilidade dos lípidos devido à presença de um solvente não polar. No terceiro passo, a adição de água resulta num sistema bifásico constituído pela fase inferior (esperado ser 100% clorofórmio) e a fase superior com água/metanol (Smedes [40]).

A quantidade de lípidos ou de gordura bruta presente nos rizomas de batata-doce é cerca de 0,4 a 0,7 g/100g de MS (Ravindran [23], Jangchud [21]).

2.5.5 Proteína

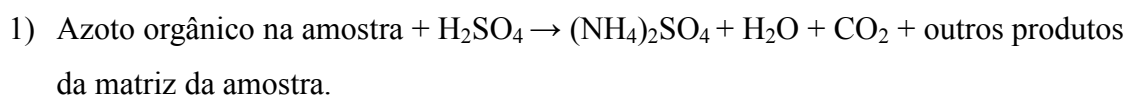
Os rizomas de batata-doce são eficazes para análise proteica, por representarem uma fonte estável, providenciando material uniforme para o seu estudo (Ali [44]). Geralmente a grande aplicação de fertilizantes com azoto e disponibilidade de água, conduz ao aumento do conteúdo de azoto nos rizomas (Toyama [45]). O armazenamento da batata-doce antes da análise provoca a diminuição da matéria seca e azoto em resultado da continuação da respiração celular (Walter [46]).

A qualidade proteica depende da composição aminoácida e da biodisponibilidade de aminoácidos. Os mais limitativos são a metionina e ½ cisteína em todas as cultivares de batata-doce. A lisina, tirosina e isoleucina são “raros” em algumas cultivares, estando os restantes aminoácidos presentes em abundância (Hal [20]). Os aminoácidos presentes em maior quantidade são o ácido aspártico e glutâmico (Ravindran [23]). No Egipto, foram descobertas duas cultivares de batata-doce híbridos, que não contêm metionina, treonina,

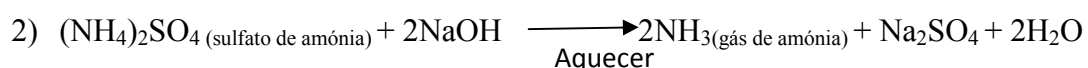
tirosina, nem fenilalanina, sendo que a ausência destes dois últimos aminoácidos permite o consumo de batata-doce por pessoas com fenilcetonúria (Hal [20]).

As cultivares diferem no conteúdo proteico e na actividade inibitória da tripsina, estando esta actividade positivamente correlacionada com a quantidade bruta de proteína e de proteína solúvel (Toyama [45]). Os inibidores de tripsina contabilizam cerca de 60% do total de proteína solúvel, podendo ser reconhecidas como proteínas de reserva. A presença de inibidores de proteases de origem proteica foca o seu potencial para actividades insecticidas (Yeh [47]).

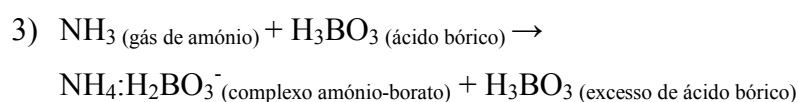
Os métodos directos para a determinação da quantidade de proteína incluem o biureto, método de Lowry, ácido bicinonínico (BCA), absorção UV (280 nm), ligação com iodo, teste de Bradford, ninidrina e turbidímetro. Estes métodos são geralmente usados em análises de bioquímica, mas são completamente impraticáveis na análise de rotina em alimentos devido à complexa mistura de proteínas. Os métodos de Dumas e de Kjeldahl são mais apropriados para uma determinação diária do conteúdo de proteína total, nas mais diversas matrizes alimentares. O método de Kjeldahl pode ser dividido em três partes principais, que integra a digestão, destilação e titulação. Na digestão, há uma decomposição do azoto das amostras, usando ácido sulfúrico e sulfato de potássio, em que este é adicionado para aumentar a temperatura de ebulição do ácido de 330°C para 390°C. Este método aumenta a taxa de decomposição orgânica, diminuindo o tempo requerido para a digestão. A reacção decorre de acordo com a equação química 1).



O azoto presente na amostra é então transformado em sulfato de amónia, sendo depois posto a reagir com excesso de base para que o NH_4 passe a NH_3 como demonstrado em 2).



O NaOH é adicionado para aumentar o pH acima de 11. O gás de amónia é posteriormente condensado num recipiente com ácido bórico e indicadores colorimétricos (verde de bromocresol e vermelho de metilo) para ser titulado com uma solução de HCl (0,2N) e quantificado no aparelho de destilação e titulação da Velp Scientifica UDK 152 como demonstrado em 3) e 4).





Este método assume que o azoto recuperado durante a digestão é maioritariamente azoto proveniente dos aminoácidos das proteínas (azoto total orgânico) e que a contribuição de azoto inorgânico (nitrato, nitrito e amónio) ou outro azoto orgânico (nucleótidos, ácidos nucleicos) são negligenciáveis (Simonne [48]; LabConco [49]).

O conteúdo proteico é um dos atributos mais importantes dos alimentos. Os métodos primordiais para a quantificação de proteínas em amostras naturais baseavam-se na constatação que algumas proteínas animais contêm cerca de 16% de azoto. Foi então assumido que o conteúdo proteico num produto natural em geral pode ser calculado através da multiplicação do azoto total por um factor de 6,25, para obter a conversão da quantidade de azoto na proteína (Salo-Väänänen [50]). Apesar de este factor ter sido determinado para proteínas de origem animal, é usado no cálculo da proteína vegetal no método de Kjeldahl, em inúmeros trabalhos (Jangchud [21]; Ravindran [23]; Walter [46]; Walter [51]; Walter [52]).

Segundo Grabowski [53], o conteúdo proteico nos rizomas de batata-doce geralmente varia entre 1,2 a 10 g/100g de MS. Walter [51] determinaram valores compreendidos entre 1,73 e 9,14 g/100g de MS; Hal [20] entre 1,0 e 14,2 g/100g de MS; Jangchud [21], entre 1,9 e 2,6 g/100g de MS nos rizomas de batata-doce tailandesa; Ravindran [23], entre 2,95 a 7,19 g/100g de MS em batata-doce do Sri Lanka. A variação a nível mundial do conteúdo proteico da batata-doce, segundo Olukungle [18], é de 2,46 a 11,85 g/100g calculada em MS.

Trumbo [26] enuncia que homens devem consumir no mínimo 56 g diariamente e que mulheres devem consumir 46 g. Estes valores são para pessoas com idades compreendidas entre 19 e 50 anos.

2.5.6 Hidratos de Carbono

Os hidratos de carbono são compostos orgânicos que têm como grupos funcionais aldeídos e cetonas, que contêm também na sua estrutura química grupos hidroxil em que o número destes depende do número de carbonos que constituem cada molécula (Sadasivam [54]). São heterogéneos entre si, no que diferem na estrutura primária (tamanho do anel e forma), grau de polimerização (mono, oligo e poli) características macromoleculares (estrutura linear ou ramificada), ligações (ligações glicosídicas α ou β , posição da ligação) e

carga. As diferenças físicas e químicas dão origem a diferentes propriedades que incluem a solubilidade, reactividade e susceptibilidade a enzimas digestivas (Brummer [55]).

Os hidratos de carbono são a classe de compostos orgânicos mais abundante e diversa que ocorre na Natureza, apresentando uma composição descrita pela fórmula geral de $C_x(H_2O)_y$ e são dos materiais mais versáteis disponíveis, sendo utilizados nos mais diversos produtos desde alimentos, nutracêuticos, farmacêuticos, têxteis, papel e material de embalagem biodegradável. Os hidratos de carbono têm a função energética de reserva (amido, frutanos e glicogénio), estrutural (celulose, quitina e xilanos), protectora (fitoalexinas) que podem inibir o crescimento de insectos e bactérias, impedir a formação de gelo intercelular (arabiloxilanos) assegurando a sobrevivência da planta no Inverno, permitir o reconhecimento celular quando se encontram acoplados a lípidos (glicolípidos) ou a proteínas (glicoproteínas) tornando possível a interacção da célula com o seu ambiente circundante e por fim agentes transferidores de informação (ácidos nucleicos) (Izydorczyk [56]).

Os hidratos de carbono são componentes importantes de reserva e estruturais nas plantas que compõem a maior parte da biomassa vegetal no que compreende os mono-, oligo- e polissacarídeos. Os monossacarídeos comuns são a glucose, frutose, galactose, ribose, etc. Os oligossacarídeos são combinações com 2 a 10 monossacarídeos na cadeia como a sacarose, a lactose, maltose e rafinose. Os polissacarídeos como o amido e a celulose são constituídos por muitos resíduos de monossacarídeos em cadeia (Sadashivam [54]).

Homens e mulheres, com idades compreendidas entre os 19 e 50 anos de idade devem consumir diariamente, uma quantidade mínima de 130 g de hidratos de carbono (Trumbo [26]).

2.5.6.1 Açúcares solúveis

São a fracção de açúcares que se obtém pela solubilização da amostra numa solução etanólica. Na determinação de açúcares solúveis têm sido utilizadas várias modificações do método de antrona, variando a concentração de antrona e ácido sulfúrico, o tempo de aquecimento e a temperatura. A incubação é necessária para quebrar as ligações entre os monómeros de glucose e frutose, que por sua posterior desidratação são transformados em derivados furfurais. Posteriormente, os derivados formados irão reagir com a solução antrona/ácido sulfúrico produzindo uma cor azul esverdeada. É conhecido que a taxa e extensão de desenvolvimento da cor com antrona variam para muitos açúcares mesmo com estruturas similares. A antrona tem uma vantagem sobre os procedimentos de fenol e orcinol

por ser aplicável aos extractos com etanol a 80%, reagindo especificamente com a pentose a 50°C. A glicose é normalmente usada para estabelecer uma curva de calibração para o método da antrona, e os açúcares totais são expressos em termos de glicose. Quando a glicose, frutose, sacarose e pequenas quantidades de rafinose estão presentes, o uso de glucose como padrão não introduz um erro significativo (Beroard [57]).

A técnica com antrona não exige uma hidrólise anterior e a desproteínização das amostras. O método da antrona na análise de hidratos de carbono foi desenvolvido por Dreywood [58], tendo relatado testes negativos com um grande número de compostos não glicídicos, onde o único material que originava um falso positivo era o furfural. Determinou também a importância do calor na reacção de antrona e demonstrou que em determinados intervalos de concentração de hidratos de carbono, a intensidade da reacção colorimétrica varia com o calor gerado. No seu trabalho, a recta de calibração foi obtida por medição a 620 nm e a cor atingiu um máximo depois de 9 a 10 minutos de aquecimento em banho-maria, a 100°C.

Ravindran [23] determinou que rizomas de batata-doce contêm cerca de 3,74 a 9,89 g/100g em MS. Woolfe [13] determinou diferentes concentrações, que oscilavam entre 5 a 38 g/100g de MS.

2.5.6.2 Amido

Biopolímero composto por unidades de anidroglicose, sendo este a maior reserva energética das plantas (Chen [59]). Produzido em resultado da fotossíntese, é armazenado sob a forma de grânulos nas raízes, tubérculos, rizomas, frutos e semente (Stick [60]). O amido no seu estado puro é um pó branco insolúvel em água fria e os seus grãos são compostos por 2 grandes polímeros, a amilose e a amilopectina (Chen [59]).

A quantidade de amido presente nos rizomas de batata-doce foi determinada entre os 63,13 e 77,34 g/100g de MS (Ravindran [23]).

2.5.6.2.1 Amilose

A amilose é um polímero de baixo peso molecular, com uma forma helicoidal e com um aspecto de tubo, composto por unidades de D-glicose, conectadas por ligações α -1 \rightarrow 4 que resultam numa forma semi-cristalina. A amilose forma regiões amorfas que são

aleatoriamente distribuídas entre os clusters de amilopectina, originando um grânulo de amido maioritariamente amorfo (Stick [60]).

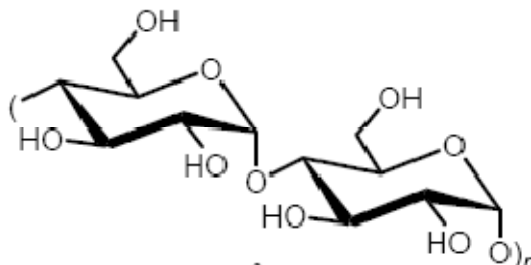


Figura 2 – Representação de uma molécula de amilose, adaptado de Stick [60].

2.5.6.2.2 Amilopectina

A amilopectina é uma das maiores moléculas na natureza, tem uma forma globular e é relativamente não cristalina. O seu peso molecular é cerca de 100 vezes maior do que a amilose e comparada a esta, a estrutura da amilopectina é mais complexa porque 4 a 5% das suas ligações são do tipo α -1 \rightarrow 6 (Chen [59]). A repetição das unidades com ramificações α -1 \rightarrow 6 de 10 em 10 unidades origina duplas hélices, que formam domínios cristalinos (Stick [60]).

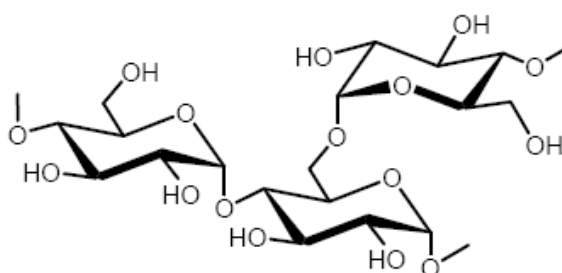


Figura 3 – Representação de uma molécula de amilopectina, adaptado de Stick [60].

2.5.6.2.3 Caracterização dos grãos de amido

Os grãos de amido existem naturalmente em diferentes formas e dimensões, de acordo com a sua origem botânica, crescimento e condições de colheita das amostras. Os grãos de amido da batata-doce têm uma forma redonda, oval ou poligonal, com tamanhos que variam entre 2 a 42 μ m. O conteúdo de amilose é cerca de 8,5 a 38,0 % do total da fracção, sendo o

restante constituído por amilopectina. A produção de amido a partir dos rizomas de batata-doce constitui a maior utilização industrial desta cultura. A elasticidade e solubilidade do amido de batata-doce são menor do que no amido de batata e de inhame. A temperatura de gelatinização do amido de batata-doce foi estabelecida entre os 58 e 84°C e degrada mais lentamente do que outros amidos, apresentando propriedades similares ao amido de batata. O amido sempre foi um componente importante na dieta humana, sendo usualmente adicionado nos alimentos como espessante, ligante, adesivo, agente de gelatinização ou encapsulamento, formador de filme, estabilizador, texturante ou substituto da gordura (Chen [59]).

2.5.6.2.4 Quantificação de amido

O amido pode ser determinado usando enzimas específicas como a amiloglucosidase (EC 3.2.1.3), mas os processos de extracção e a hidrólise são demorados, a actividade enzimática pode variar, os reagentes são caros e a sua hidrólise total é difícil de atingir. Apesar da hidrólise ácida não ser específica, ainda hoje em dia é utilizada, devido á maior facilidade de obter dados fiáveis. O material liofilizado é lavado com etanol/água a fim de remover os açúcares, dextrinas e taninos. A hidrólise dissocia o amido nas suas unidades constituintes, que são os monómeros de glicose $C_6H_{12}O_6$. Um factor de conversão é aplicado (0,9) para determinar a quantidade real de amido na amostra. Ocorre a formação de 5-hidroximetil furfural e frutose que também reagem com a antrona e proporcionam cor, sendo então determinada a quantidade presente em amostra do mesmo modo que na determinação de açúcares solúveis (Faithfull [35]).

2.5.7 Cromatografia Líquida. Análise de pro-vitamina A

A cromatografia líquida de grande pressão ou de elevado desempenho (HPLC) foi a técnica analítica seleccionada para analisar a qualidade e quantidade de pro-vitamina A num ISOP seleccionado de batata-doce, da variedade “De cenoura”. Esta selecção foi devida á cor laranja/avermelhado que este rizoma apresenta, sendo este um descritor indicativo da maior quantidade de pro-vitamina A em relação a outras variedades de batata-doce.

Cromatografia líquida é o nome genérico usado para descrever qualquer procedimento cromatográfico em que a fase móvel seja líquida. No sistema HPLC a fase móvel é mecanicamente bombeada através de uma coluna que contém uma fase estacionária

quimicamente ligada às partículas de sílica que preenchem a coluna. O HPLC consiste num injector, uma bomba, uma coluna e um detector. A separação ocorre, sob um conjunto de condições ideais, devido a que cada composto na mistura interage de modo específico com as duas fases do sistema. Neste trabalho foi utilizada uma coluna de fase reversa, que era a mais indicada para a separação pretendida. As moléculas em solução são separadas nesta coluna pela sua hidrofobicidade, sendo usada uma fase estacionária não polar e uma fase móvel polar, ao inverso do que acontece numa coluna de fase normal. As fases estacionárias que se encontram ligadas às partículas de sílica mais comuns, usadas nas colunas de fase reversa são os grupos alquil como $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_4\text{H}_9$, $-\text{C}_8\text{H}_{17}$, $-\text{C}_{18}\text{H}_{37}$ e o grupo fenil $-\text{C}_6\text{H}_5$, aumentando a retenção de forma exponencial com o comprimento da cadeia. A performance das colunas é determinada por 4 factores que são a base de sílica e o seu pré-tratamento, a escolha do grupo funcional, a quantidade de material ligado á sílica e as reacções de ligação secundárias (Weston [61]).

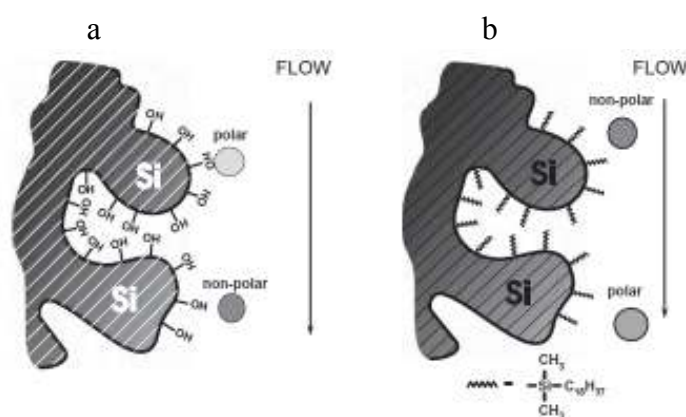


Figura 4 – Representação esquemática de cromatografia de fase normal (a) e de cromatografia de fase reversa (b). Adaptado de Dong [62].

Para este sistema cromatográfico existe vários tipos de detectores, sendo o detector de fotodíodos o usado neste trabalho. As moléculas são detectadas num comprimento de onda específico, pois absorvem energia que depois re-emitem instantaneamente num comprimento de onda maior (menor energia). Quando as moléculas não são detectadas por este método, é aplicado um processo de derivatização, que transforma quimicamente a molécula noutro composto com fluorescência conhecida, aumentando a sensibilidade e selectividade dessa molécula (Weston [61]).

2.5.7.1 Vitaminas

As vitaminas são compostos orgânicos que promovem e regulam reacções bioquímicas essenciais no corpo humano. Estes compostos têm de ser obtidos através da digestão dos alimentos e são necessários para o crescimento, saúde e reprodução. A falta destes compostos na dieta alimentar resulta em défices e avitaminoses. As vitaminas não providenciam energia, mas ajudam a converter gordura e hidratos de carbono em energia e assistem no metabolismo celular e na formação dos tecidos (Ötles [43]).

2.5.7.1.1 Vitamina A

Uma das maiores deficiências nutricionais no mundo inteiro é a falta de vitamina A, sendo um factor de grande risco para mulheres grávidas e causa de morte nas crianças do continente africano (Davey [63]). A vitamina A é essencial para o normal desenvolvimento da criança em que o seu défice provoca alterações no tecido ocular que poderá resultar em cegueira irreversível. Os sintomas clínicos são colectivamente referidos como xeroftalmia e incluem cegueira noturna (inabilidade de ver em casos de pouca luz), xerose córnea e conjuntiva e queratomalacia que traduz-se na ulceração e cicatrização da córnea conduzindo á perda de visão. Outros sintomas incluem lesões na pele, perda de apetite, queratinização epitelial, diminuição da taxa de crescimento e aumento da susceptibilidade a infecções (Eitenmiller [64]).

McCollum [65] reportaram a presença de substâncias tipo lípidos em manteiga e ovos que era necessário para o crescimento dos ratos. Em 1916, a substância foi designada de substância solúvel em gordura A. McCollum [66] relacionou a deficiência deste composto com a xeroftalmia em crianças no ano seguinte, providenciando o 1º indicador da funcionalidade das vitaminas. O nome, vitamina A, foi pela primeira vez usado em 1920 para distinguir da descoberta anterior do factor de crescimento e para diferenciar das vitaminas solúveis em água, colectivamente intituladas de vitamina B. A actividade do β -caroteno como precursor de vitamina A foi demonstrada em 1929 e a sua estrutura em 1931. O termo “pro-vitamina A” é aceite para diferenciar os precursores carotenóides da vitamina A, dos carotenóides sem actividade de vitamina A (Eitenmiller [64]).

A batata-doce fez parte da história de África, pois foi uma das culturas a ser propagada neste continente, com o intuito de dar resposta à deficiência de vitamina A, que resultava em cegueira e até na morte de cerca 250 000 a 500 000 crianças africanas por ano

(Dini [67]). A vitamina A pode ser obtida a partir de várias fontes vegetais sob a forma de pro-vitamina A carotenóide, que é subsequentemente convertido na forma activa de vitamina A pela enzima mono-oxigenase, existente no intestino (Davey [63]). Os carotenóides são sintetizados por plantas e muitos microrganismos, tendo os animais que os obter dos alimentos. A quantidade presente nos alimentos é directamente proporcional à cor destes, que geralmente é um critério de qualidade e é tipicamente modificada durante o processamento alimentar. O conteúdo de carotenóides em frutas e vegetais dependem de vários factores tais como a variedade genética, maturidade, armazenamento depois da colheita, processamento e preparação (Quirós [68]). Os carotenóides são solúveis em lípidos e são assimilados melhor no intestino se a dieta contiver gorduras, apesar da quantidade de gordura requerida ser apenas de 3 a 5 g por refeição (Fraser [69]). Nos países em desenvolvimento, mais de 80% da vitamina A ingerida é suprida pelos carotenóides presentes nos alimentos vegetais (Bhaskarachary [70]). Esta vitamina participa na absorção de ferro, cuja deficiência origina anemia (Davey [63]).

Trumbo [26] refere que homens com idade compreendida entre 19 e 50 anos de idade, devem consumir diariamente uma quantidade mínima de 0,9 mg de vitamina A, e que mulheres com o mesmo intervalo de idades devem consumir 0,7 mg. A quantidade em mg de vitamina A representa equivalentes de retinol, em que para obter a actividade de 1 mg de retinol são precisos 12 mg de β -caroteno, 24 mg de α -caroteno ou de 24 mg de β -criptoxantina.

2.5.7.1.1.1 Formação dos carotenóides

As plantas contêm cerca de 600 diferentes carotenóides, que são importantes pigmentos naturais devido à sua vasta distribuição, diversidade estrutural e numerosas funções em que se enquadram na planta (Davey [63]). Esta classe de pigmentos naturais ocorre largamente na Natureza e são sintetizados pelas plantas superiores através da associação de unidades de isopreno (C_5) de que resulta o geranylgeranyl pirofosfato (C_{20}), que é o precursor imediato dos carotenóides. No seguimento das reacções há a formação do fitoeno (C_{40}), que representa uma molécula de hidrocarbono simétrica com três duplas ligações conjugadas, sendo esta molécula base do qual derivam todos os carotenóides (Fraser [69]).

2.5.7.1.1.2 Caracterização dos carotenóides

Os carotenóides são poliisoprenóides, que geralmente possuem 8 unidades de isopreno, produzidos pela variação do esqueleto C_{40} . A sua característica mais óbvia é a longa cadeia de polieno, que pode possuir três a quinze duplas ligações conjugadas. O comprimento do cromóforo determina o espectro de absorção da molécula originando a cor detectada pelo olho. Os carotenóides podem ser divididos em 2 grandes grupos: (a) carotenos ou carotenóides de hidrocarbono, apenas compostos por átomos de hidrogénio e carbono e (b) xantofilas que são derivados hidrocarbonados oxigenados que contêm pelo menos 1 átomo de oxigénio funcional como hidroxí, ceto, epoxi, metoxi ou grupo de ácido carboxílico (Quirós [68]). Nas plantas superiores, as xantofilas são enzimaticamente formadas como produtos oxidados a partir de α e β -caroteno, resultando na formação de luteína e zeaxantina via α -criptoxantina e β -criptoxantina, respectivamente (Fraser [69]).

Um sistema de duplas ligações conjugadas dos carotenóides influencia as propriedades físicas, químicas e bioquímicas provocando uma instabilidade particular, especialmente num ambiente com luz, oxigénio, calor e degradação em algumas condições alcalinas ou ácidas. Os carotenóides em frutas e em legumes estão geralmente esterificados por ácidos gordos (Oliver [71]). As estruturas de carotenóides podem ser acíclicas, monocíclicas ou bicíclicas, dependendo se têm 0, 1 ou 2 anéis β no grupo terminal, respectivamente, e cada anel é composto por 6 átomos de carbono, formando a estrutura retinóide necessária para a actividade da vitamina A. Os carotenóides bicíclicos são os que exibem maior actividade desta vitamina. Nestes incluem-se os α -caroteno, β -caroteno e β -criptoxantina (Davey [63]). Isómeros geométricos de carotenóides podem ter actividades biológicas diferentes em certas situações. A actividade da pro-vitamina A varia dependendo se o isómero é *cis* ou *trans*, sendo os *cis* menos activos (Ötles [43]).

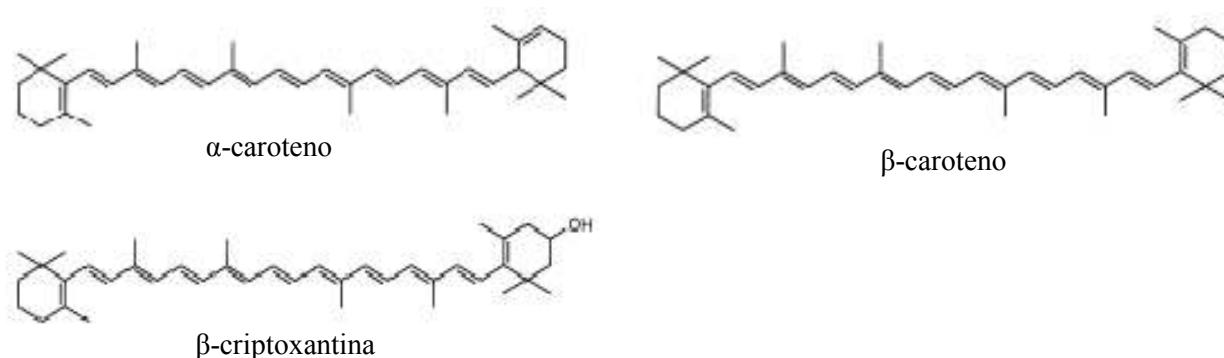


Figura 5 – Representação das estruturas moleculares de α -caroteno, β -caroteno e β -criptoxantina. Adaptado de Oliver [71].

2.5.7.1.1.3 Análise dos carotenóides

Várias precauções são necessárias no manuseamento dos carotenóides, como a condução da experiência sob penumbra, a evaporação num evaporador rotativo sob um fluxo de gás de azoto, armazenamento no escuro sob azoto ou árgon a -20°C e o uso de antioxidantes como hidroxianisole butilado (BHA), pirogalol ou ácido ascórbico (Ötles [43]).

2.5.7.1.1.4 Mecanismo de acção antioxidante dos carotenóides

Os carotenóides são antioxidantes que podem restringir a acção evasiva dos singletos de oxigénio ($^1\text{O}_2$) e impedir peroxidação lipídica. A ingestão de alimentos ricos em carotenóides tem um efeito protector contra doenças crónicas, a incidência de certos cancros, apesar de suplementos de β -caroteno em indivíduos fumadores proporcionar um maior risco de cancro pulmonar (Oliver [71]). Previnem doenças relacionadas com a coronária do coração (Liu [72]), degeneração da mácula e formação de “cataratas”. *In vitro*, os carotenóides inibem o crescimento de linhas celulares tumorais, mas não de células normais (Oliver [71]), apesar de doses excessivas de suplementos com β -caroteno não ter efeito protector contra estas doenças (Liu [72]). Os carotenóides são também usados em indivíduos que sofrem de fotossensibilidade, como por exemplo a protoporfiria eritropoiética (Oliver [71]). Os carotenóides induzem a apoptose em linhas celulares T-linfócitos e podem proteger a estabilidade do genoma (Fraser [69]).

2.5.7.1.1.5 Quantidade presente nos rizomas de batata-doce

Os pigmentos de β -caroteno transmitem cor creme, amarelo, laranja e laranja escuro ao rizoma, existindo uma correlação directa entre a quantidade de β -caroteno e a cor que este apresenta (Grabowski [53]). Cultivares de batata-doce com o rizoma de cor branca, pouco possuem dos 3 carotenos mais importantes, precursores da vitamina A (Hal [20]). Grabowski [53], refere que os valores de β -caroteno oscilam entre 0,5 e 45 mg/100g de MS em rizomas de cor variada. Huang [29], quantificou a presença de β -caroteno em rizomas de batata-doce cor de laranja, e encontraram valores na ordem dos 6,7 a 13,1 mg/100g em peso fresco. Em rizomas com uma cor entre o amarelo e branco, os valores variam entre 0,1 a 0,3 mg/100g de peso fresco.

2.6 Transformação físico-química dos rizomas de batata-doce

Neste trabalho, os rizomas de batata-doce foram descascados e transformados em farinha, após liofilização, para que o material a analisar se mantivesse com características constantes durante as várias etapas de análise.

Tratamentos químicos são comumente utilizados para preservar e manter a qualidade das farinhas tais como o metabissulfito de sódio, o hidróxido de sódio e o citrato de sódio. A grande versatilidade da farinha de batata-doce, como base de muitos produtos comerciais, exige uma melhor compreensão das suas propriedades funcionais (Jangchud [21]).

Existem várias opções de transformação de batata-doce, tais como as batatas fritas, amido e farinha. A farinha de batata-doce serve como fonte de energia, nutrientes (hidratos de carbono), β -caroteno (pro-vitamina A) e minerais no que pode servir para adoçar e colorir naturalmente alimentos processados, contribuindo para o sabor e fibra dietética. Devido a propriedades distintas, o uso de farinha de batata-doce na preparação de pão é restrita, mas a adição de várias porções de farinha de batata-doce à farinha de trigo, pode aumentar os valores nutritivos em termos de fibras e carotenóides. Este procedimento também ajuda a baixar o nível de glúten, prevenindo a doença celíaca (Singh [10]).

Segundo Grabowski [53], o consumo dos rizomas de batata-doce encontra-se em declínio, especialmente nas nações industrializadas. Uma maneira para expandir o consumo da batata-doce consiste em desenvolver produtos processados apelativos ou usos alternativos para as raízes de batata-doce. Uma aproximação intencionada para aumentar o consumo consiste em converter o puré de batata-doce em pó seco, para uso como ingrediente funcional de alimentos. As características como sabor, cor e nutrientes, assim como as propriedades de ligação destas farinhas com a água, tornam-nas ideais para adicionar em sopas, molhos, marinados, alimentos para bebés, produtos cerealíferos, puré de fruta entre outros produtos.

A farinha de batata-doce, provou ser uma forma eficaz de aumento do conteúdo de carotenóides, em cerca de 2000%, mais do que a batata-doce poderia fornecer sob outras formas. Mas esta propriedade da farinha pode significativamente decrescer se a farinha for obtida por processamento térmico, ocorrendo a destruição do β -caroteno por oxidação ou isomerização. A degradação oxidativa do β -caroteno ocorre através da sua interação com radicais livres. O conteúdo de água e amido têm um efeito protector na estabilidade do caroteno (Hal [20]).

Grabowski [53], demonstra que a degradação dos nutrientes não ocorre apenas durante o armazenamento como enunciado por Hal [20], mas também durante o processamento como

por exemplo na acção de amilase naturalmente disponível, a temperaturas elevadas, que transforma amido em dextrinas e açúcares. As moléculas de amido são degradadas durante o processamento, perdendo a habilidade para inchar e aumentar a viscosidade. O processamento também reduz o conteúdo de aminoácidos. Então, o baixo conteúdo de proteínas na farinha pode ser atribuído á destruição da lisina através da interacção com grupos redutores de hidratos de carbono a altas temperaturas. Este processo ocorre de acordo com a reacção de Maillard, que consiste num complexo conjunto de reacções, iniciadas pelo grupo amina de uma proteína com grupo carbonilo de um açúcar redutor a temperaturas elevadas. Durante estas reacções, a lisina torna-se biologicamente indisponível e pode também degradar-se através da participação em reacções de degradação de Strecker (Grabowski [53]).

2.7 Análise espectroscópica

2.7.1 Princípio Teórico

A técnica “Near Infra-Red Spectroscopy” é uma técnica em rápida expansão em todos os sectores da indústria. A espectroscopia na região próxima do infravermelho irradia a amostra com um comprimento de onda conhecido, sendo detectada a radiação reflectida ou transmitida (Nicola [73]). Este processo permite obter o quadro completo da composição do material ou substância analisada. É baseado no princípio que diferentes ligações químicas da amostra absorvem ou emitem luz em diferentes comprimentos de onda, quando a amostra é irradiada (Prevolnik [74]). As moléculas que absorvem este tipo de radiação vibram em dois modos fundamentais, que são o alongamento e a inclinação das ligações inter-atómicas. O alongamento é definido como uma mudança contínua na distância inter-atómica ao longo do eixo entre dois átomos e a inclinação é definido como a mudança no ângulo da ligação entre dois átomos. Desde que as ligações não se quebrem e que as vibrações tenham movimentos ou amplitudes de 10 a 15% da distância média entre átomos, as vibrações são consideradas harmónicas (Workman [75]).

A radiação que é absorvida pela amostra obedece á lei de Lambert-Beer ($A = \epsilon \cdot b \cdot C$), que relaciona a absorvância com a concentração de um determinado constituinte. Nesta equação A representa a absorvância, ϵ a absortividade molar de cada composto [$\text{mol}^{-1}\text{Lcm}^{-1}$], b é o percurso óptico da radiação [cm] e C a concentração [molL^{-1}]. A absorvância de vários constituintes, para o mesmo comprimento de onda é aditiva (Almeida [76]).

Esta é uma técnica não evasiva e não destrutiva, onde não há necessidade de utilizar reagentes na preparação da amostra. Um único espectro permite que vários analitos sejam determinados em simultâneo. Pode implementar metodologias contínuas, providenciar espectros rapidamente e prever parâmetros químicos e físicos da amostra. Estes atributos fazem esta técnica particularmente atractiva para caracterização de amostras em pouco tempo. As interacções entre átomos em diferentes moléculas (por exemplo: ligações de hidrogénio e interacções dipolares) alteram a energia de vibração, mudando as bandas de absorção de energia existentes originando novas, através das diferenças na estrutura cristalina, permitindo que a forma do cristal seja distinguida e determinada as propriedades físicas (como densidade, viscosidade e tamanho de partículas) das farinhas. Por outras palavras, o espectro NIR contém não apenas informação química, mas também a informação dos dados físicos (Blanco [77]). Em frutas e vegetais, a propagação da radiação NIR é afectada pela sua microestrutura, podendo então ser usada para medir atributos como a dureza, danos internos e análise sensorial (Nicola [73]). No entanto, o NIRS tal como todas as técnicas, apresenta desvantagens como a dependência de um método de referência, baixa sensibilidade para constituintes menores, transferência limitada de calibração entre diferentes instrumentos e uma interpretação complicada de dados espectrais (Prevolnik [74]).

A instrumentação da espectroscopia NIR tem evoluído exponencialmente em resposta à necessidade de rapidez nas análises e flexibilidade na aplicação a diferentes tipos de amostra. Espectrómetros usados para guardar os espectros NIR são essencialmente idênticos aos outros empregues para analisar outras regiões do espectro electromagnético. Têm a particularidade de incorporar uma variedade de aparelhos dependendo das características da amostra, das condições analíticas particulares e de necessidades, como velocidade, complexidade da amostra e condições ambientais, sendo uma técnica extremamente flexível (Blanco [77]).

2.7.2 Equipamento NIRS

O espectrofotômetro NIR consiste numa fonte emissora de luz (lâmpada de halogéneo ou tungstênio), o acessório de colocação da amostra (célula), o monocromador, o detector e os componentes ópticos tais como lentes, colimadores, divisores de feixe, esferas integradas e fibra óptica. Num instrumento de filtro, o monocromador é uma roda que suporta um número de filtros de interferência ou absorção. Num instrumento monocromador de varrimento, uma “grade” ou prisma é usado para separar as frequências individuais da radiação que entram ou saem da amostra. O separador do comprimento de onda roda para que a radiação dos comprimentos de onda individuais cheguem ao detector. Este aparelho usa radiação de infravermelhos entre 780 a 2500 nm e a penetração na amostra pode alcançar os 4 cm quando o comprimento de onda se situa entre 780 a 900 nm (Nicola [73]).

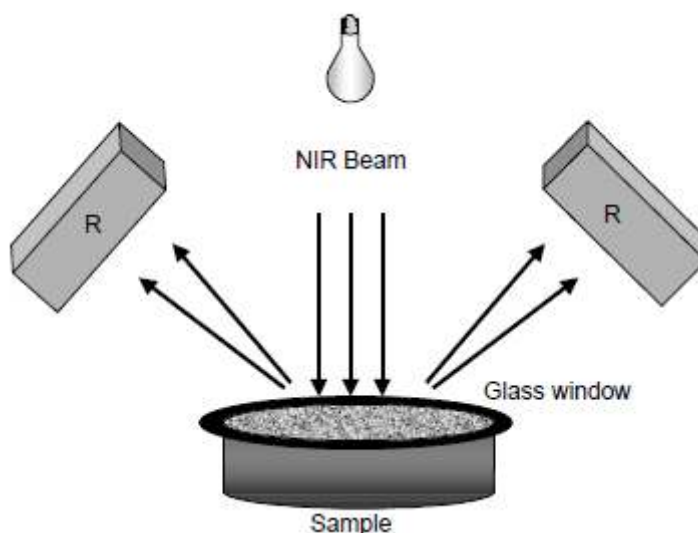


Figura 6 – Representação esquemática da funcionalidade NIRS, em que a amostra na forma de farinha é irradiada com radiação NIR, e os detectores captam a reflectância difusa refletida pela amostra. Adaptado de Osborne [78].

2.7.3 Espectro NIR

O raio de luz emitido na amostra e o espectro de luz refletido são separados e analisados no espectrofotômetro. A intensidade do raio de luz nalguns comprimentos de onda sofre redução, devido á absorção de radiação pelas vibrações de certas ligações moleculares (em particular C-H, O-H e N-H) (Faithfull [33]). Outras ligações podem contribuir para o espectro NIR, entre elas as ligações C-C, C-O, C-N e P-O, embora o seu sinal seja fraco quando comparado com as ligações do átomo de H, não sendo o seu papel tão significativo

(Almeida [76]). A análise do espectro é realizado com base na amostragem de cerca de 700 pontos do espectro, para que os dados subsequentes sejam processados e possam ser decifrados nos picos espectrais, relacionando-os com a concentração das substâncias de interesse da amostra original. Este processo é em grande parte matemático e estatístico, sendo necessário um sistema computadorizado para que se possa processar os dados produzidos pelo espectrofotómetro. Duas metodologias podem ser utilizadas para interpretar os espectros, que consiste em tentar relacionar as bandas observadas e picos, sabendo previamente os grupos funcionais que absorvem ou os compostos químicos presentes na amostra ou por quimiometria, em que é ignorado o que é que causou o pico e seleccionado empiricamente o comprimento de onda de absorção, para originar a melhor correlação com análises químicas tradicionais (Faithfull [35]).

O gráfico do NIR é apresentado sob a forma da equação $\log 1/R = -\log$ da reflectância, que é equivalente á absorvância (Faithfull [35]). A reflectância (R) é traduzida pelo quociente entre a intensidade da luz reflectida (IR) e a intensidade de luz incidente (I0) (Osborne [78]).

$$R = \frac{I_r}{I_0}$$

Equação 1 – O valor da reflectância deriva da divisão entre a intensidade de luz reflectida da amostra e da intensidade de luz com que a amostra foi irradiada inicialmente. Adaptado de Osborne [78].

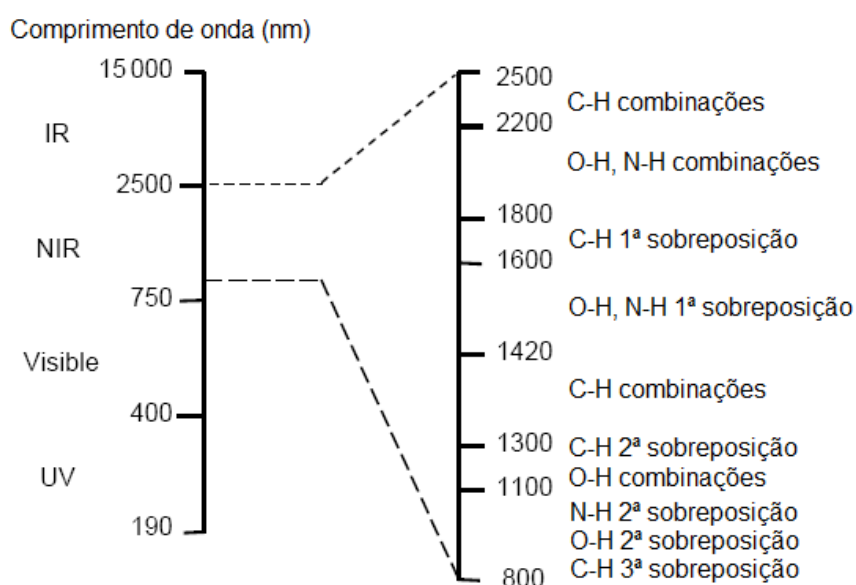


Figura 7 – Representação das principais bandas de absorção da radiação NIR e a sua localização no espectro electromagnético. Adaptado de Osborne [78].

2.7.4 Quimiometria

A análise por instrumento NIR providencia uma enorme quantidade de dados, que requer velocidade e eficiência de processamento. Equipamentos modernos NIR oferecem diferentes métodos estatísticos de regressão para preparar calibrações (equações) para diferentes amostras ou tipo de material. Estes tratamentos estatísticos são denominados de análise quimiométrica e estão directamente interligados com a espectroscopia NIR, para permitir a extracção da maior quantidade de informação relevante possível a partir dos dados analíticos. As duas técnicas estão interligadas, visto que uma depende completamente da outra (Blanco [77]). Em espectroscopia, a aplicação de quimiometria para analisar o espectro é vital (Shiroma [79]).

2.7.4.1 Pré -Tratamento Espectral

O pré-tratamento do espectro NIR é imperativo devido às distorções espectrais causadas pelo espectrofotómetro, como por exemplo os efeitos causados pela saturação do detector e falhas no varrimento dos comprimentos de onda. Outras fontes de perturbação podem ocorrer devido a variações no percurso óptico e no caso de se tratar de sólidos, pode surgir efeitos relativos á dispersão da luz, no caso das amostras não se encontrarem bem homogeneizadas. As variações nas condições ambientais e na corrente que atravessa o detector podem implicar alterações na linha de base dos espectros, fazendo com que as leituras não sejam reproduzíveis. Devido ao número de factores que podem influenciar cada leitura, torna-se de extrema importância recorrer a tratamentos matemáticos e estatísticos para que os efeitos interferentes sejam minimizados. Apesar destas correcções, a escolha do pré-tratamento tem de garantir que não é eliminado informação química e física relevante para o sistema em estudo. Este tratamento permite que o restante desenvolvimento do método de calibração não seja afectado por informações irrelevantes, permitindo uma maior linearidade (Almeida [76]).

Existe várias formas matemáticas com diferentes estratégias para que seja possível uma diminuição das variações aleatórias do qual a amostra é alvo. Estas variações fazem com que os valores dos constituintes da amostra variem, não havendo reprodutibilidade. A centralização na média, a correcção multiplicativa do sinal (MSC), a variação do padrão normal, Detrend (SNVD) e por fim o uso da 1ª e 2ª derivada, são algumas das estratégias utilizadas com esta finalidade. No entanto os mais comuns são o SNVD e o uso da 1ª

derivada. O SNVD consiste numa transformação que padroniza a variância do espectro à unidade com uma média de zero. Isto minimiza o efeito do tamanho das partículas e a deriva em linha de base. A 1ª derivada permite dar ênfase aos picos, permitindo um aumento na sua resolução. Evidencia pormenores, face às características com maior intensidade, fazendo com que estas estruturas de menor tamanho obtenham uma forma mais acentuada permitindo uma avaliação mais fácil (Osborne [78]).

2.7.4.2 Análise multivariada

Neste estudo podem ser aplicados vários algoritmos, tais como a análise dos componentes principais (PCA), análise de clusters, regressão por mínimos quadrados parciais (PLSR), regressão por componentes principais (PCR), entre outros. Por vezes, uma tendência curvilínea nos gráficos obtidos pode indicar uma não linearidade, originando a necessidade de implementar técnicas de regressão não linear. De seguida são descritas algumas metodologias, consideradas mais comuns e de maior aplicação.

A Análise de Componentes Principais (PCA) reorganiza a informação obtida pela amostragem e é normalmente utilizado na identificação de grupos distintos e na selecção de amostras, para a eleição de modelos de calibração. É realizado a filtragem da informação relevante que exclui variações, como por exemplo o ruído (Almeida [76]).

A regressão por mínimos quadrados parciais (PLSR) é uma técnica de regressão linear que reduz a intensidade dos dados do espectro de calibração, de muitas frequências para um número relativamente pequeno de intensidades (Shiroma [79]). O PLSR tem uma grande capacidade de previsão e necessita de um pequeno número de factores para construir um modelo de previsão fidedigno (Almeida [76]).

As ANN são técnicas de regressão não lineares que têm sido usadas para construir modelos de calibração para o NIR. O ANN mais usado é o MLP que tipicamente consiste em 3 camadas de “neurónios”, o input, hidden, e a camada output. Todos os neurónios da camada input são ligados a todos os neurónios da camada output. Um neurónio é um dispositivo computacional que calcula a soma ponderada dos inputs e calcula o sinal de output usando funções não lineares. O valor espectral em todos os comprimentos de onda são transmitidos à camada de entrada, enquanto a camada de saída entrega a previsão desses atributos. Os pesos são estimados usando um algoritmo apropriado, baseado numa calibração definida usando validação cruzada. Apesar de em alguns casos o ANN se adaptar melhor à amostragem, são

mais difíceis de compreender e os resultados mais difíceis de interpretar e visualizar (Nicola [73]).

2.7.4.3 Validação do modelo

Depois de introduzidos todos os valores obtidos em bancada, através de técnicas analíticas e seleccionados os métodos quimiométricos, é efectuada a validação do modelo de previsão. Nos estudos iniciais as amostras são separadas em 2 grupos que inclui a calibração e previsão. O software WinISI II estima a precisão da previsão por meio de validação cruzada, usando como conjunto de amostragem, aquele que foi previamente usado na calibração. Validação cruzada é o método onde cada amostra da calibração é prevista, e os conjuntos de previsão são efectuados pela remoção de 1 ou mais amostras do conjunto de calibração e o processo é repetido até que todas as amostras tenham pertencido pelo menos uma vez ao conjunto de previsão. O erro da validação cruzada representa a verdadeira estimativa da precisão da previsão. A capacidade de previsão do NIR é geralmente obtida por parâmetros estatísticos: coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão (SE) da calibração e/ou da previsão (Prevolnik [74]). Uma vez que os modelos estejam construídos, a sua capacidade de previsão tem de ser verificada com amostras que sofreram o mesmo tratamento (condições de armazenamento do espectro) como aqueles usados para a calibração mas não empregues para construir o modelo, constituindo então uma validação externa (Blanco [77]).

3 Material e Métodos

As 11 amostras de batata-doce da Madeira, utilizadas neste trabalho, foram regeneradas nos campos de cultivo do Banco de Germoplasma ISOplexis, localização 32°39.543' N, 16° 55.438' W a 175 m de altitude. O material vegetativo para plantação foi obtido no Centro de Horticultura das Preces, na freguesia de Câmara de Lobos e uma outra amostra de batata-doce foi doada por um agricultor da mesma freguesia do Sítio do Covão, que foi utilizada para testes de optimização das metodologias usadas. As restantes 7 amostras provieram dos Açores e foram utilizadas no estudo nutricional comparativo com as variedades de batata-doce madeirenses.

A irrigação foi efectuada pela pluviosidade, e por vezes quando a precipitação se mostrava insuficiente, recorreu-se à irrigação artificial. Não foi efectuada qualquer adubação ou correcção ao solo.

3.1 Transformação dos rizomas em farinha

As amostras de batata-doce, antes de serem analisadas, foram processadas de forma a serem transformadas em farinha, com uma granulometria de cerca de 200 mesh, para que este material se mantivesse estável a nível nutricional, de modo que poderia ser analisado esporadicamente, mantendo a integridade do produto.

3.1.1 Processo de liofilização

Este processo é definido como uma estabilização da substância, em que num primeiro passo é congelada, para que haja separação do solvente dos solutos, e que depois o solvente é retirado por sublimação quando aplicada uma menor pressão, através de um motor. O vácuo faz com que o gelo evapore ou sublime, mas que nunca liquidifique. A estabilização do produto serve para que não possa suportar crescimento microbiano ou reacções químicas. A liofilização retira a água livre, aumentando o tempo de vida útil do produto, mas não retira a água ligada necessária para a correcta actividade dos constituintes da amostra (Jennings [80]).

É um dos melhores métodos de secagem de materiais sensíveis e a única maneira da água ser quase completamente retirada do tecido ou de material orgânico, com um mínimo de alteração da estrutura celular (Faithfull [35]).

Os rizomas de batata-doce, no dia da colheita, foram descascados e fatiados em fatias com cerca de 1mm de espessura e colocados em azoto líquido por um período de 30 minutos. Posteriormente foram colocados num liofilizador SAVANT (RT400) com bomba de vácuo (VP100), por um período de 5 dias. As amostras ficam num ambiente sob vácuo, em que o gelo presente nas amostras é sublimado. Cerca de 90% da água livre da amostra foi retirada sem oxidação do produto. Após a liofilização, as amostras são moídas num moinho de café Taurus (Aromatic), até atingir uma granulometria fina com cerca de 200 mesh (74µm), verificado com um Mesh da Retsch (AS200). A uniformidade das partículas de farinha é mais importante que o seu tamanho. Se a granulometria da farinha não for uniforme, durante o processo de mistura com a água, as partículas mais finas tendem a absorver mais água do que as mais grossas. Isto faz com que a massa fique heterogénea e consequentemente é necessário prolongar o tempo de mistura para obter uma homogeneização adequada da massa (Oliveira [22]). As amostras provindas dos Açores sofreram um tratamento idêntico, diferindo apenas que não foram transformados no dia de colheita mas sim quando foram recebidas pelo ISOPlexis. A farinha resultante era colocada num saco de polipropileno, acondicionado a vácuo num aparelho da Audionvac (VMS153) e colocado no congelador a -20°C até se proceder à análise.

Tabela 1 – Variedades de batata-doce da Madeira e Açores utilizadas na análise nutricional. A tabela apresenta os ISOPs de batata-doce madeirenses, que correspondem ao código dado pelo ISOPlexis ao material de propagação que dá entrada no banco e no caso dos Açores, o código é o número do acesso. É também apresentado o nome vernacular, que corresponde ao nome comum geralmente dado pela população geral e origem dos rizomas.

ISOP/código de acesso	Nome do vernáculo	Origem
1005	Da Escura	Madeira
1010	Teixeira	Madeira
1012	Rama Preta	Madeira
1017	Barbiça	Madeira
1018	Rama Louca	Madeira
1021	Preta	Madeira
1028	Cenoura	Madeira
1036	Brasileira	Madeira
1038	5 Bicos	Madeira
1047	Batata-doce	Madeira
	Inglesa	Madeira
187 - 05	Roxa	Açores
204 - 05	Roxa	Açores
347 - 05	Branca	Açores
348 - 05	Vermelha	Açores
452 - 05	Americana	Açores
496 - 05	Da Madeira	Açores
960 - 10	Salmão	Açores

3.1.2 Tratamento com bissulfito de sódio

Os tubérculos de batata-doce ao serem cortados escurecem rapidamente. Para evitar este escurecimento e ainda melhorar a capacidade de secagem da batata-doce cortada e o tempo de armazenamento, são adicionados conservantes como o bissulfito de sódio, substância considerada segura até uma adição de 0,2 g.L⁻¹. O bissulfito de sódio (NaHSO₃), em solução, apresenta um teor de SO₂ (dióxido de enxofre) de 20 a 23% e é usado como conservante em alimentos e como agente branqueador em diversos tipos de indústria, bem como para tratamento de efluentes (Oliveira [22]).

Neste trabalho, as batatas-doces foram lavadas, descascadas e mergulhadas em solução de bissulfito de sódio na concentração de 0,2 g.L⁻¹, para evitar o escurecimento. Depois as fatias descascadas de batata-doce foram bem escorridas para remover a solução e postas num tabuleiro de metal, para serem inseridas numa estufa a 50°C com circulação de ar, de marca Memmert. Depois de seco, foram retiradas e trituradas num moinho de café até atingir uma granulometria fina, com cerca de 200 mesh (74µm).

3.2 Análise centesimal das amostras de batata-doce

As amostras de farinha de batata-doce foram analisadas em triplicado em todas as análises efectuadas neste trabalho. Todos os valores obtidos pelas análises efectuadas são expressos na qualidade de peso (gramas) por 100 gramas de massa seca.

3.2.1 Humidade Relativa

A humidade relativa contida na farinha de batata-doce foi determinada por pesagem, com uso da balança Kern (MRS 120-3). Na análise deste parâmetro, 100 mg de amostra foram pesadas e posteriormente desidratadas à temperatura compreendida entre os 100 e 105 °C, até a amostra atingir um peso constante. A massa seca foi determinada, através da fórmula:

$$\%MS = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

Equação 2 – O valor da percentagem de massa seca é igual ao peso final da amostra depois de seca a dividir pelo peso inicial da amostra, multiplicando depois por 100.

Os resultados finais são expressos em g/100g de matéria ou massa seca (MS) (AOAC [81]).

3.2.2 Cinzas

1g de amostra foi colocada em cadinhos de porcelana de 30ml previamente calcinados. Os cadinhos foram incinerados numa rampa de aquecimento, finalizando a etapa numa incineração à temperatura de 550°C, durante um período de 5 horas, num forno Mufla Vulcan (3-550). No final, os cadinhos foram postos a arrefecer num exsiccador até á temperatura ambiente. A quantidade de resíduo foi determinada gravimetricamente numa balança analítica Sartorius (RC 210 P), com os resultados expressos em g/100g de MS (NP 518:1986 [82]).

3.2.3 Minerais

Os minerais presentes na amostra foram determinados com a assistência do laboratório de Análises de Solos e Plantas (DRADR/DSLAA, Camacha), no qual as metodologias aplicadas na determinação dos teores dos diferentes minerais são brevemente descritas.

3.2.3.1 Determinação do Azoto

As amostras foram digeridas com ácido sulfúrico, sendo a sua quantificação determinada por colorimetria num Skalar Sanplus System. Resultados expressos em g/100g MS (Temminghoff [83]).

3.2.3.2 Determinação do Fósforo e Boro

As amostras de farinha foram transformadas em cinzas num forno Furnace Termolyne (Type 48000), sendo posteriormente solubilizadas em ácido clorídrico na determinação do fósforo, e em ácido sulfúrico no Boro. A quantificação foi realizada por colorimetria num Skalar Sanplus System. Os resultados são apresentados sob a forma de g/100g MS (Temminghoff [83]).

3.2.3.3 Determinação do Cálcio, Magnésio, Ferro, Cobre, Zinco, Manganês e Potássio

Nesta análise, as amostras foram transformadas em cinzas, posteriormente solubilizadas em ácido clorídrico para quantificar os minerais por Espectroscopia de Absorção Atômica num Perkin Elmer Instruments (AAnalyst 800). Resultados são apresentados sob a forma de g/100g MS (Temminghoff [83]).

3.2.4 Fibra

Este procedimento foi iniciado com pesagem de 1g de farinha de batata-doce. Posteriormente num balão de fundo redondo foi adicionado 100mL de solução de detergente ácido, composto por brometo de cetiltrimetilamónio (CTAB) e ácido sulfúrico a 1N, numa proporção de 1/5 (w/v). A mistura foi aquecida até à fervura, num sistema de refluxo montado numa hotte de marca Flores Valles, sendo depois reduzida a intensidade de calor, para que sofra uma ebulição lenta durante 60 minutos, a contar do início de fervura. De seguida, a mistura presente no balão foi filtrada para cadinhos de placa filtrante, previamente pesados. O resíduo que permaneceu no cadinho foi lavado 2 vezes com água a ferver e 2 vezes com acetona. Os cadinhos foram deixados a secar durante a noite à temperatura de 100°C. Posteriormente foram colocados num exsiccador à temperatura ambiente até arrefecerem para serem novamente pesados numa balança analítica Sartorius (RC 210 P) (Van Soest [34]; Faithfull [35]; Dintzis [84]; AOAC [85]). A quantidade de fibra em detergente ácido foi determinada por gravimetria e o resultado expresso em g/100g de MS.

3.2.5 Gordura Bruta

A quantidade lipídica presente na amostra foi determinada através do método gravimétrico, desenvolvido por Bligh [42], usando MeOH:CHCl₃:H₂O numa proporção de 2:1:1 (v/v/v). A mistura solvente serviu para solubilizar e separar os vários componentes da amostra, de acordo com a sua solubilidade. A mistura foi colocada em banho de ultra sons da Selecta (ultra-sons H), durante 40 minutos para obter a separação de fases. A centrifugação da mistura ocorreu num aparelho da Eppendorf (Centrifuge 5430R), que permitiu retirar a fase lipídica para um outro tubo de ensaio previamente pesado, que foi posto a secar numa estufa a 40°C, durante 48h, para evaporar o clorofórmio. Após a evaporação deste, o tubo foi pesado numa balança analítica Sartorius (RC 210 P), e através da diferença do peso inicial e final dos tubos é determinado a fracção lipídica. Os resultados obtidos foram expressos em g/100g MS.

3.2.6 Proteína Bruta

O teor de proteína bruta presente na amostra foi determinado pelo método Kjeldahl (AOAC [86]). O processo inicia-se com a digestão das amostras a 420 °C, num digestor Velp Scientifica (DK 8S Heating Digester), na presença de sulfato de potássio e selénio. O sulfato de amónio formado na reacção foi titulado na presença de hidróxido de sódio. A condensação da amónia, na presença de ácido bórico com os indicadores de verde de bromocresol e vermelho de metilo, permitiu quantificar o azoto total.

Na quantificação do azoto total foi utilizada a equação:

$$\% \text{ azoto} = \frac{(\text{mL ácido padrão} - \text{mL branco}) \times N \text{ do ácido} \times 1,4007\% \text{ azoto}}{\text{peso da amostra em g}}$$

Equação 3 – Determinação da percentagem de azoto total presente na amostra. Adaptado de LabConco [49].

Posteriormente a % de azoto foi convertida em quantidade de proteína, multiplicando o valor da % pelo factor 6,25 (LabConco [49]). O teor de proteína bruta foi expresso em g/100g de MS.

3.2.7 Açúcares solúveis totais

Os açúcares solúveis foram quantificados usando o método de McCready [87] com as modificações propostas por Bailey [88]. A extracção iniciou-se com a homogeneização de 100 mg de amostra de farinha de batata-doce com 2 mL de etanol a 80%, aquecido. Posteriormente aos açúcares solubilizados é adicionada uma solução de antrona a 0,2%, preparada numa solução de ácido sulfúrico a 96%. A mistura é incubada durante 10 minutos à uma temperatura de 100°C. Após a reacção colorimétrica, o teor de açúcares é determinado num espectrofotómetro UV/Vis Shimadzu (2401 PC), no comprimento de onda a 620 nm, com a ajuda de uma recta de calibração de glicose (dos 0 aos 100 µg/mL). A quantidade de açúcares solúveis presente na amostra de farinha de batata-doce é expressa em g/100g MS.

3.2.8 Amido

Esta análise é iniciada pela solubilização da amostra com etanol aquecido a 80% para retirar os açúcares solúveis. Após a adição ao resíduo de 5mL de solução de HCl a 1,1% estas são aquecidas em banho-maria a 100°C, durante 30 minutos a fim de hidrolisar o amido, formando monómeros de glicose que são desidratados e convertidos em compostos hidroximetil furfural. Posteriormente é adicionado uma solução antrona/ácido sulfúrico a 72%, numa proporção de 1:5 (v/v) á amostra. A concentração de ácido sulfúrico nesta análise é diferente da concentração da solução para os açúcares solúveis, devido a trabalhos primordiais (Hodge [89]) demonstrarem que esta concentração de ácido sulfúrico era adequada para o amido, por fornecer consistência e repetibilidade ao método. Esta mistura foi novamente incubada em banho-maria a 100°C por 11 minutos, obtendo no final da reacção uma solução de cor verde, que resultou da reacção da antrona com os furfurais presentes na amostra. A quantificação do amido foi realizada nos 630 nm, em que previamente foi construída uma recta de calibração de amido (0 a 10mg/10mL) (Hodge [89]; Sadasivam [54]). Os resultados foram expressos em g/100g de MS.

3.2.9 Extracção e análise de pro-vitamina A

A extracção de pro-vitamina A foi efectuada de acordo com o método de Liu [72], permitindo quantificar α -caroteno, β -caroteno e β -criptoxantina. A análise foi iniciada pela adição de 30 mL de uma solução composta por hexano/acetona/etanol (2/1/1, v/v/v), contendo 0,1 g de carbonato de magnésio e 0,05 g de BHT, a 1 g de amostra em farinha. 8 mL de KOH metanólico foram adicionados à solução e posteriormente passado através de um filtro de 0,45 μ m. O filtrado foi adicionado a 50 mL de água destilada num funil para separação de fases. Depois de recolhida a fase apolar, o solvente foi evaporado sob gás de azoto. O extracto de carotenóides foi redissolvido em 1 mL de solução de metanol/THF (1/1, v/v) contendo 0,1% de BHT. 20 μ L do extracto foram injectados no HPLC e analisado.

O sistema cromatográfico usado foi o Waters Alliance, equipado com auto-injector, Waters 2695 e detector de fotodíodos Waters 2996. Em relação à coluna cromatográfica utilizou-se uma coluna da Waters de fase reversa, Nova-Pak C-18 (150 mm \times 3.9 mm, I.D.; 4 μ m). O software foi o Empower Pro software.

3.2.10 Composição centesimal por NIRS

Os espectros dos parâmetros de composição centesimal foram determinados usando o instrumento da FOSS (NIRSystems 5000). Os parâmetros estudados foram o açúcar solúvel, amido, lípidos, fibra, proteína e resíduo seco. Foram seleccionados 2 conjuntos de acessos, que inclui o conjunto de calibração e o conjunto de validação. A análise foi efectuada com o auxílio do manual de utilização do software NIR, WinISI II, versão 1.5. As leituras no aparelho NIR foram efectuadas em modo de reflectância no intervalo de 1100 a 2500 nm, resultando o espectro de $\log 1/R$ (reflectância) versus o comprimento de onda em nm. As leituras foram efectuadas a cada 2 nm, resultando espectros com 700 pontos. As amostras foram analisadas em triplicado, de forma a evitar erros de leitura pelo aparelho e de modo a obter um valor médio para cada amostra, de forma a tornar o modelo de previsão robusto. O anel de suporte da amostra foi rodado em cada leitura de forma a minimizar o efeito do tamanho das partículas e de temperatura da amostra.

As amostras do conjunto de calibração foram usadas para construir equações de previsão, devido à correlação entre os valores obtidos no laboratório e os valores espectrais da amostra. As amostras independentes foram usadas na calibração para validar o modelo de previsão.

Dois métodos de pré-tratamento espectral, MSC e SNVD foram avaliados, sendo seleccionado o último por obter melhores resultados (dados não apresentados). Os valores seleccionados foram $D=1$, $G=4$, $S_1=4$ e $S_2=1$, onde D corresponde ao nº de ordem da derivada usada, que neste caso é a 1ª derivada. G corresponde ao intervalo de pontos de dados em que a derivada é calculada, que neste caso são de 4 em 4 pontos. S_1 são o nº de pontos de dados do 1º suavizamento (de 4 em 4 pontos) e S_2 é o nº de pontos de dados do 2º suavizamento (de 1 em 1 ponto).

As regressões PLS, MPLS e PCR foram avaliadas para a construção da equação de previsão, sendo seleccionada a regressão por PLS por dar origem à melhor previsão. Esta selecção foi avaliada pelos valores de SEC, SECV e R^2 para o conjunto de calibração e pelo SEP e R^2 para o conjunto de previsão, que usa a validação externa.

3.3 Tratamento e análise estatística

De forma a analisar os dados obtidos em laboratório na tentativa de correlacioná-los, usou-se o SPSS 19.0 e o MVSP versão 3.1 para Windows. O MVSP foi utilizado para agrupar os acessos de batata-doce estudados neste trabalho através de PCOA e para elaborar uma ordenação hierárquica (dendrograma) dos acessos de batata-doce relativamente aos parâmetros nutritivos e minerais analisados, de forma a determinar relações de agrupamento. Foi também utilizado para determinar semelhanças entre as médias obtidas para a batata-doce referente à Madeira, Açores, ilhas do Pacífico (Salomão, Tonga, PNG, Samoa e Fiji), e Sri Lanka.

Através do SPSS 19.0 foi efectuado uma análise descritiva para cada parâmetro utilizado, e determinou-se a “normalidade” dos dados pelo teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov. Efectuou-se o teste de ANOVA One-Way, para verificar estatisticamente se existiam diferenças para as médias dos parâmetros nutricionais e minerais entre acessos. E, para determinar onde é que essas diferenças existiam, foi utilizado o teste de Tukey HSD. Foi efectuado uma análise discriminante a qual procurou confirmar os agrupamentos obtidos através do MVSP 3.1, e avaliou-se qual o acesso de batata-doce característico do centro de cada grupo (determinado pela proximidade ao centróide estatístico) a partir do cálculo da distância de Mahalanobis. Para testar a existência de correlações entre os parâmetros analisados, foram usadas correlações bivariadas de Pearson.

4 Resultados e Discussão

Como referido anteriormente, todas as variedades de batata-doce da Região Autónoma da Madeira usados neste estudo, foram regenerados no mesmo local sob condições agronómicas e edáficas similares. Este processo resultou na eliminação da influência do factor ambiental e práticas agronómicas, remanescendo apenas as variações nutricionais dependentes do factor genético de cada variedade de batata-doce. As variedades ou acessos provindos dos Açores foram fornecidas pela Universidade dos Açores, tendo sido colhidas em diferentes campos agrícolas.

O objectivo principal deste trabalho foi determinar e comparar a composição bioquímica e nutricional, de um conjunto de acessos ou variedades de batata-doce. Procurou-se também dar início à construção de uma base de dados e de uma equação de previsão dos valores nutricionais pelo NIR, permitindo identificar os parâmetros de qualidade e determinar diferenças ou semelhanças, nos vários tipos de rizomas de batata-doce que caracterizam acessos ou variedades. Em resultado deste estudo, foram seleccionados os acessos que correspondem aos centróides, que representam valores médios, símbolo de cada grupo de acessos de batata-doce.

Ao longo dos tempos, tem havido uma necessidade crescente de caracterizar nutricionalmente os alimentos, de forma a sabermos a contribuição destes para a nossa alimentação e para satisfazer as necessidades da dieta diária humana. Sendo a batata-doce uma cultura de extrema importância em vários locais do Mundo, onde é considerado um alimento de primeira necessidade, os estudos sobre a sua composição nutricional podem então promover este alimento. A cultura da batata-doce na Madeira também é importante, visto que a sua produção prolonga-se por quase todo o ano, sendo que também é um alimento importante na dieta alimentar dos madeirenses. De acordo com a sua importância para a região, viu-se uma necessidade de caracterizar nutricionalmente as variedades regionais de batata-doce para que sejam posteriormente categorizados as que são de melhor qualidade alimentar e interesse comercial ou industrial. Singh [10] sugere que a adição de 40% de farinha de batata-doce permite melhorar os níveis nutricionais da massa e da confecção de biscoitos, não comprometendo as suas qualidades. Este é um dos exemplos em que a batata-doce pode ser utilizada para aumentar o valor nutricional dos alimentos, sem que a sua integridade seja comprometida.

4.1 Processamento do material para análise

A análise nutritiva e mineral dos rizomas de batata-doce exigiu a sua prévia desidratação, para que mantivessem as mesmas condições ao longo de todo o período de análise. Vários testes foram efectuados para determinar os procedimentos adequados que mantinham a composição inicial do produto original. Os procedimentos seleccionados foram a desidratação por liofilização, desidratação com imersão em bissulfito de sódio a 0,2 % e posterior secagem em estufa de circulação de ar e por último o procedimento com água a 0°C com o restante procedimento idêntico ao anterior. Estes procedimentos de preparação da amostra são de extrema importância devido à necessidade de estabilizar o produto para análise. A estabilização do produto serve para evitar o crescimento microbiano ou reacções bioquímicas, que degradem ou alterem a sua composição inicial. Os processos de desidratação da amostra foram seleccionados com base em procedimentos análogos presentes na bibliografia. O processo de liofilização é frequentemente utilizado na indústria alimentar como processo de desidratação e conservação dos produtos alimentares. O uso do bissulfito de sódio a 0,2 % é geralmente utilizado como um processo de manutenção de brancura da farinha, inibindo o escurecimento microbiano. O uso de água gelada foi realizado com o intuito de comparar com a aplicação do bissulfito de sódio, para que fosse observado o efeito inibitório do escurecimento favorecido por este, servindo a água gelada como controlo.

As batatas-doces seleccionadas na modelação destes procedimentos foram colhidas no mesmo dia, a partir dos rizomas de uma só planta da variedade “Inglesa”.

Tabela 2 – Análise nutritiva do ISOP de batata-doce “inglesa”, provindo da exploração de um agricultor do sítio do Covão, Câmara de Lobos, em amostras submetidas aos processos de liofilização, uso de bissulfito de sódio e água gelada. Estes procedimentos permitiram a comparação da influência dos métodos de desidratação e estabilização sobre a composição da amostra. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas por 100 gramas de amostra.

Tipo de tratamento	MS (g/100g de MS) (Med ± DP)	Cinzas (g/100g de MS) (Med ± DP)	Fibra (ADF) (g/100g de MS) (Med ± DP)	Gordura B. (g/100g de MS) (Med ± DP)	Proteína B. (g/100g de MS) (Med ± DP)	Aç. Sol. (g/100g de MS) (Med ± DP)	Amido (g/100g de MS) (Med ± DP)
Liofilização	93,61 ± 0,69	3,14 ± 0,02	2,74 ± 0,13	0,75 ± 0,06	7,94 ± 0,06	8,52 ± 0,46	70,2 ± 0,87
C/B.S.	92,63 ± 0,48	2,97 ± 0,04	2,55 ± 0,03	0,5 ± 0,12	6,84 ± 0,05	3,81 ± 0,04	61,74 ± 1,27
Água gelada	92,08 ± 2,39	1,95 ± 0,02	2,69 ± 0,02	0,66 ± 0,03	6,56 ± 0,02	3,76 ± 0,19	59,92 ± 0,9

A análise da tabela 2 permite observar que com a liofilização, todos os parâmetros analisados mantêm valores mais elevados. O processo de liofilização mantém a brancura da farinha, de forma similar à aplicação do bissulfito de sódio. O uso de água gelada ao invés da solução de bissulfito de sódio a 0,2% não se mostrou eficaz, porque manteve valores mais baixos em relação aos outros processos de preparação da amostra e a farinha não apresentava cor natural, tendo sido alvo de alguma oxidação. Foi então seleccionado o processamento por liofilização para tratamento das amostras analisadas neste estudo.

A discrepância de valores dos diferentes parâmetros nos 3 processos, terá resultado da solubilização de componentes nas soluções de imersão e tratamento, seja da solução de bissulfito de sódio, seja da água gelada. Porém a degradação dos nutrientes pode estar também associada ao processamento térmico, durante a desidratação da amostra. Este processamento pode facilitar a degradação pela amilase naturalmente disponível no produto, transformando o amido presente em dextrinas e açúcares. O amido é degradado durante o processamento, perdendo a habilidade para inchar e aumentar a viscosidade (Hal [20]). Os resultados obtidos com estes tratamentos vão de encontro aos resultados de Jangchud [21], na análise de duas variedades de batata-doce, de cor laranja e púrpura. A quantidade de amido estudada por este autor decresceu na farinha, tratada com bissulfito de sódio, numa percentagem entre 40 e 45%, diminuindo também a gordura bruta e cinzas. Neste estudo determinou-se que o decréscimo de amido foi entre 12 e 15%, na comparação do tratamento por liofilização com o tratamento por bissulfito de sódio e água gelada, respectivamente. O processamento também reduz o conteúdo de aminoácidos, diminuindo o conteúdo de proteína na farinha. A redução proteica entre liofilização e o tratamento com bissulfito de sódio e água gelada foi de 14 e 17%, respectivamente. Este facto pode ser devido à destruição da lisina, através da interacção com grupos redutores de hidratos de carbono a altas temperaturas (Grabowski [53]).

Segundo Jennings [80] a liofilização retira a água livre existente no produto, aumentando o tempo de vida útil, mas não retira a água ligada necessária para a correcta actividade dos constituintes da amostra. Faithfull [35] refere que a liofilização é um dos melhores métodos de secagem de materiais sensíveis e biodegradáveis, e a única maneira da água ser quase completamente removida do tecido ou do material orgânico, com um mínimo de alteração da estrutura celular.

4.2 Análise nutricional e mineral

Nesta análise foram determinados vários parâmetros nutritivos, tais como matéria seca, cinzas, fibra (ADF), gordura bruta, proteína bruta, açúcar solúvel e amido. 18 acessos de rizomas de batata-doce, 11 madeirenses e 7 açorianos, foram seleccionados para este estudo. Os acessos madeirenses foram cultivados todos no mesmo local, de forma a minimizar a influência das variações edafo-climáticas sobre a composição da amostra, remanescendo as diferenças genéticas. Os acessos açorianos foram cedidos pela Universidade dos Açores, que provieram de 3 locais distintos do arquipélago dos Açores.

A tabela 3 apresenta os valores gerais obtidos pela análise nutricional efectuada aos rizomas de batata-doce, estudados neste trabalho.

Tabela 3 – Dados gerais dos valores nutricionais, dos rizomas de batata-doce, analisados neste trabalho. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas correspondente a cada parâmetro, por 100 gramas de amostra.

Parâmetros (g/100g de MS)	Madeira				Açores			
	Nº de ISOPs	Valor Máx.	Média	Valor Min.	Nº de Acessos	Valor Máx.	Média	Valor Min.
Massa Seca	11	98,2	95,3	92,56	7	92,18	91,03	90,02
Cinzas	11	3,76	3,04	2,44	7	3,75	2,96	1,73
Fibra (ADF)	11	4,27	3,22	2,61	7	5	3,14	1,56
Gordura Bruta	11	2,37	1,42	0,6	7	1,16	0,87	0,43
Proteína Bruta	11	4,87	2,09	1,27	7	6,71	4,94	2,96
Açúcar Solúvel	11	17,94	14,83	8,75	7	35,7	12,69	1,5
Amido	11	68,15	61,69	57,25	7	67,54	56,62	33,81

4.2.1 Rizomas provindos da Madeira

Tabela 4 – Valores médios obtidos para os parâmetros da composição nutricional das amostras de batata-doce madeirense e respectivo desvio padrão. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas correspondente a cada parâmetro, por 100 gramas de amostra.

ISOP	Nome do vernáculo	MS (g/100g de MS) (Med ± DP)	Cinzas (g/100g de MS) (Med ± DP)	Fibra (ADF) (g/100g de MS) (Med ± DP)	Gordura B. (g/100g de MS) (Med ± DP)	Proteína B. (g/100g de MS) (Med ± DP)	Aç. Sol. (g/100g de MS) (Med ± DP)	Amido (g/100g de MS) (Med ± DP)	Energia* (kJ/100g de MS)
1005	"Da escura"	95,91 ± 0,59	2,84 ± 0,06	2,86 ± 0,09	2,37 ± 0,38	2,06 ± 0,01	17,38 ± 0,7	62,34 ± 1,79	1463,00
1010	"Teixeira"	92,97 ± 0,36	3,1 ± 0,02	3,17 ± 0,06	0,76 ± 0,09	1,36 ± 0,02	15,57 ± 0,7	60,1 ± 6,69	1322,69
1012	"Rama preta"	98,70 ± 0,04	3,76 ± 0,02	3,46 ± 0,11	1,88 ± 0,43	1,46 ± 0,07	15,88 ± 0,3	57,25 ± 1,56	1323,67
1017	"Barbiça"	92,9 ± 0,59	2,44 ± 0,01	2,68 ± 0,08	2,12 ± 0,34	1,59 ± 0,04	16,79 ± 0,4	60,15 ± 1,85	1398,65
1018	"Rama louca"	94,28 ± 0,62	2,99 ± 0,02	4,27 ± 0,12	0,6 ± 0,04	1,64 ± 0,01	15,17 ± 0,9	62,82 ± 4,84	1361,58
1021	"Preta"	96,25 ± 0,28	3,47 ± 0,03	3,81 ± 0,17	1,12 ± 0,13	1,44 ± 0,02	10,72 ± 0,2	68,15 ± 3,25	1396,99
1028	"De cenoura"	95,99 ± 0,20	2,56 ± 0,02	2,74 ± 0,09	2,37 ± 0,23	2,5 ± 0,05	16,57 ± 0,5	59,26 ± 1,12	1405,18
1036	"Brasileira"	92,98 ± 0,46	2,56 ± 0,04	2,61 ± 0,04	0,91 ± 0,21	4,87 ± 0,03	17,06 ± 0,5	61,02 ± 2,18	1427,66
1038	"5 Bicos"	96,1 ± 0,31	3,39 ± 0,03	3,44 ± 0,1	1,31 ± 0,14	2,71 ± 0,1	17,94 ± 0,1	57,75 ± 3,9	1364,52
1047	"Batata-doce"	95,18 ± 0,85	3,57 ± 0,01	3,46 ± 0,11	0,71 ± 0,15	2,04 ± 0,02	8,75 ± 0,3	63,73 ± 1,73	1285,15
	"Inglesa"	96,97 ± 0,02	2,75 ± 0,03	2,88 ± 0,08	1,45 ± 0,23	1,27 ± 0,01	11,35 ± 0,1	65,98 ± 2,43	1380,03

* - Obtido pelos factores de Atwater (E=17(proteína)+38(gord. b.))+17(amido)+16(açúcar s.), retirado de Bradbury [90].

Na análise da tabela 4, destaca-se o ISOP 1012 “Rama Preta” pela sua massa seca, 98,70 g/100g de MS, apresentando apenas 1,30 g de água em 100 g de amostra, tornando praticamente impossível a contaminação da amostra por microrganismos, pois a disponibilidade de água é muito baixa. E o ISOP 1017 “Barbiça”, com a menor quantidade de massa seca relativa, 92,90 g/100g de MS. Na análise de cinzas, o ISOP 1012 “Rama preta” obteve uma quantidade de 3,76 g/100g de MS, a maior quantidade entre os ISOPs madeirenses, e o ISOP 1017 “Barbiça” com a menor quantidade, 2,44 g/100g de MS. O ISOP 1018 “Rama louca” apresenta o maior teor de fibra (ADF) analisado, com 4,27 g/100g de MS e o ISOP 1036 “Brasileira” o menor teor, com 0,60 g/100g de MS. Em termos de gordura bruta, dois ISOPs destacam-se, o ISOP 1005 “Da escura” e 1028 “De cenoura” com 2,37 g/100g de MS, e o ISOP 1018 “Rama louca” pela menor quantidade, com 0,6 g/100g de MS. O ISOP 1036 “Brasileira” obteve a maior quantidade de proteína bruta, com um valor de 4,87

g/100g de MS e a menor quantidade pertenceu ao ISOP “Inglesa” com 1,27 g/100g de MS. Nos açúcares solúveis, a quantidade máxima de 17,94 g/100g de MS foi detectada no ISOP 1038 “5 bicos”, e a quantidade mínima, 8,75 g/100g de MS no ISOP 1047 “Batata-doce”. O ISOP 1021 “Preta” apresentou a maior quantidade de amido entre todas as batatas-doces madeirenses usadas neste estudo, com 68,15 g/100g de MS, e o ISOP 1012 “Rama preta” a menor quantidade, 57,25 g/100g de MS. Na quantidade de energia disponível, o ISOP 1005 “Da escura” possui o valor mais elevado, 1463,00 kJ/100g de MS, sendo um ISOP indicado para pessoas com grande desgaste físico, e o ISOP 1047 “Batata-doce” com o menor valor, na ordem dos 1285,15 kJ/100g de MS, sendo então este ISOP apropriado para pessoas que evitam consumir alimentos caloricamente ricos.

Nestes ISOPs de batata-doce foram também analisados macrominerais e microminerais em estudo. Esta análise foi efectuada com a ajuda do laboratório de Análises de Solos e Plantas (DRADR/DSLAA, Camacha), e consistiu na análise do fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco, manganês e boro.

Tabela 5 – Composição mineral da batata-doce para os ISOPs madeirenses. Macronutrientes e micronutrientes minerais analisados no laboratório para Análises de Solos e Plantas (DRADR/DSLAA, Camacha). Estão também descritos os valores de percentagem de DDR para cada variedade dos parâmetros descritos por Trumbo [26], Decreto-Lei n.º 54/2010 [27] e Yates [91]. Os valores apresentados encontram-se em forma de miligramas por 100 gramas de amostra.

ISOP	Nome do vernáculo	Fósforo (mg/100 g de MS)	% DDR*		Potássio ^a (mg/100 g de MS)	% DDR*		Cálcio (mg/100 g de MS)	% DDR*		Magnésio ^b (mg/100 g de MS)	Ferro (mg/100 g de MS)	% DDR*		Cobre (mg/100 g de MS)	% DDR*		Zinco (mg/100 g de MS)	% DDR*		Manganês (mg/100 g de MS)	% DDR*		Boro ^a (mg/100 g de MS)
			H	M		H	M		H	M			H	M		H	M		H	M		H	M	
1005	"Da escura"	140,0	20	20	1180,0	59	59	110,0	11	11	< 100,0	2,0	25	11	0,3	33	33	0,5	5	6	0,4	17	22	0,5
1010	"Teixeira"	150,0	21	21	1330,0	67	67	80,0	8	8	< 100,0	1,9	24	11	0,3	33	33	0,7	6	9	0,1	4	6	0,9
1012	"Rama preta"	90,0	13	13	1580,0	79	79	170,0	17	17	< 100,0	2,0	25	11	0,2	22	22	0,6	6	8	0,4	17	22	0,2
1017	"Barbiça"	100,0	14	14	1080,0	54	54	110,0	11	11	< 100,0	1,6	20	9	0,3	33	33	0,4	4	5	0,3	13	17	0,6
1018	"Rama louca"	120,0	17	17	1250,0	63	63	140,0	14	14	< 100,0	3,5	44	19	0,4	44	44	0,7	6	9	0,3	13	17	0,4
1021	"Preta"	100,0	14	14	1580,0	79	79	140,0	14	14	< 100,0	1,5	19	8	0,5	56	56	0,6	6	8	0,3	13	17	0,2
1028	"De cenoura"	110,0	16	16	1080,0	54	54	100,0	10	10	< 100,0	2,8	35	16	0,2	22	22	0,5	5	6	0,2	9	11	0,4
1036	"Brasileira"	160,0	23	23	1080,0	54	54	70,0	7	7	< 100,0	2,7	34	15	0,5	56	56	0,9	8	11	0,1	4	6	0,2
1038	"5 Bicos"	120,0	17	17	1450,0	73	73	50,0	5	5	< 100,0	0,4	5	2	0,2	22	22	0,3	3	4	0,1	4	6	0,4
1047	"Batata-doce"	160,0	23	23	1530,0	77	77	70,0	7	7	< 100,0	1,0	13	6	0,3	33	33	0,7	6	9	0,1	4	6	0,4
	"Ingleza"	100,0	14	14	1130,0	57	57	110,0	11	11	< 100,0	1,3	16	7	0,3	33	33	0,7	6	9	0,2	9	11	0,3

* - Percentagens de contribuição da Dose Diária Recomendada para homens (H) e mulheres (M), com idades compreendidas entre 19 e 50 anos de idade.

a – Dados não descritos pelos autores.

b – Amostra com quantidades negligenciáveis

A análise da composição mineral (tabela 6) dos ISOPs madeirenses permitiu evidenciar que os ISOPs com maior quantidade de fósforo foram o 1036 “Brasileira” e o 1047 “Batata-doce” com 160 mg/100g de MS (23 % DDR), e no ISOP 1012 “Rama preta” a menor quantidade, com 90 mg/100g de MS (13 % DDR). Na análise do potássio, este varia entre 1580 mg/100g de MS (79 % DDR) para os ISOPs 1012 “Rama preta” e 1021 “Preta”, e 1080 mg/100g de MS (54 % DDR) para os ISOPs 1017 “Barbiça”, 1028 “De cenoura” e 1036 “Brasileira”. Na quantificação de cálcio, o maior valor foi identificado no ISOP 1012 “Rama preta” com 170 mg/100g de MS (17 % DDR) e o menor valor no ISOP 1038 “5 Bicos” (5% DDR). No teor de magnésio, todos os ISOPs madeirenses obtiveram menos de 100 mg/100g de MS. O ISOP 1018 “Rama louca” obteve a maior quantidade de ferro, com um valor de 3,5 mg/100g de MS (44 % DDR para homens e 19% para mulheres) e o ISOP 1038 “5 Bicos” com 0,4 mg/100g de MS (5 % DDR para homens e 2 % para mulheres) que foi a menor quantidade detectada. No cobre, os ISOPs 1021 “Preta” e 1036 “Brasileira” foram os que obtiveram maior quantidade, com um valor na ordem dos 0,5 mg/100g de MS (56 % DDR) e os ISOPs 1012 “Rama preta”, 1028 “De cenoura” e 1038 “5 Bicos” com 0,2 mg/100g de MS (teor mínimo) (22 % DDR). Na quantificação de zinco, o ISOP 1036 “Brasileira” teve um valor de 0,9 mg/100g de MS (8 % DDR para homens e 11 % para mulheres) que foi o valor máximo, enquanto o valor mínimo foi de 0,3 mg/100g de MS (3 % DDR para homens e 4 % para mulheres) para o ISOP 1038 “5 Bicos”. Para o manganês, o ISOP 1005 obteve a quantidade máxima deste nutriente, com um valor de 0,4 mg/100g de MS (17 % DDR para homens e 22 % para mulheres), e os ISOPs 1010 “Teixeira”, 1036 “Brasileira”, 1038 “5 Bicos” e 1047 “Batata-doce” obtiveram a menor quantidade, 0,1 mg/100g de MS (4 % DDR para homens e 6 % para mulheres). Por fim, na análise do boro, o ISOP 1010 “Teixeira” destaca-se com a maior quantidade, 0,9 mg/100g de MS e com a menor quantidade os ISOPs 1012 “Rama preta”, 1021 “Preta” e 1036 “Brasileira” com 0,2 mg/100g de MS. Os valores de DDR apresentados foram baseados nos trabalhos de Trumbo [26], Decreto-Lei n.º 54/2010 [27] e Yates [91].

4.2.2 Rizomas providos dos Açores

Tabela 6 – Valores médios obtidos para os parâmetros da composição nutricional das amostras de batata-doce açorianas e respectivo desvio padrão. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas para cada parâmetro, por 100 gramas de amostra.

Acesso	Nome do vernáculo	MS (g/100g de MS) (Med ± DP)	Cinzas (g/100g de MS) (Med ± DP)	Fibra (ADF) (g/100g de MS) (Med ± DP)	Gordura B. (g/100g de MS) (Med ± DP)	Proteína B. (g/100g de MS) (Med ± DP)	Aç. Sol. (g/100g de MS) (Med ± DP)	Amido (g/100g de MS) (Med ± DP)	Energia* (kJ/100g de MS)
187 – 05	“Roxa”	90,26 ± 1,33	1,73 ± 0,04	1,56 ± 0,38	1,01 ± 0,22	5,70 ± 0,08	6,20 ± 0,6	55,64 ± 2,58	1180,36
204 – 05	“Roxa”	91,93 ± 0,91	2,73 ± 0,01	2,46 ± 0,04	1,16 ± 0,14	5,44 ± 0,03	7,10 ± 0,1	54,99 ± 4,18	1184,99
347 – 05	“Branca”	91,42 ± 1,69	3,16 ± 0,01	2,91 ± 0,08	0,96 ± 0,08	4,26 ± 0,01	17,10 ± 0,6	65,04 ± 4,73	1488,18
348 – 05	“Vermelha”	90,61 ± 0,73	3,75 ± 0,02	3,08 ± 0,1	0,49 ± 0,24	6,71 ± 0,01	10,00 ± 0,1	54,28 ± 6,26	1215,45
452 – 05	“Americana”	90,29 ± 0,5	3,29 ± 0,02	3,90 ± 0,1	1,02 ± 0,15	4,17 ± 0,03	35,70 ± 0,9	33,81 ± 4,86	1255,62
496 – 05	“Da Madeira”	92,92 ± 1,46	2,47 ± 0,01	3,05 ± 0,14	1,04 ± 0,32	2,96 ± 0,03	11,20 ± 0,5	67,54 ± 4,84	1417,22
960 - 10	“Salmão”	90,15 ± 0,4	3,62 ± 0,02	5,00 ± 0,11	0,43 ± 0,06	5,32 ± 0,01	1,50 ± 0,2	65,07 ± 6,24	1236,97

* - Obtido pelos factores de Atwater (E=17(proteína)+38(gord. b.)+17(amido)+16(açúcar s.), retirado de Bradbury [90].

Na análise das 7 amostras de batata-doce providas dos Açores, o valor máximo para a quantidade de massa seca foi de 92,92 g/100g de MS referente ao acesso 496-05 “Da Madeira” e o menor valor pertenceu ao acesso 960-10 “Salmão” com 90,15 g/100g de MS. O acesso 348-05 “Vermelha” destaca-se pela maior quantidade de cinza, com 3,75 g/100g de MS, ficando o acesso 187-05 “Roxa” com um valor de 1,73 g/100g de MS. O acesso 960-10 “Salmão” apresenta a maior quantidade de fibra (ADF), com um valor de 5,00 g/100g de MS e o acesso 187-05 “Roxa” a menor quantidade, com 1,56 g/100g de MS. A maior quantidade de gordura bruta é atribuído ao acesso 204-05 “Roxa” com 1,16 g/100g de MS e a menor quantidade ao acesso 960-10 “Salmão” com 0,43 g/100g de MS. Na análise proteica, o acesso 348-05 “Vermelha” obteve um valor de 6,71 g/100g de MS, sendo este o maior valor e 2,96 g/100g de MS para a menor quantidade de proteína detectada, presente no acesso 496-05 “Da Madeira”. Na análise de açúcares solúveis o acesso 452-05 “Americana” apresentou a maior quantidade, com 35,70 g/100g de MS e o acesso 960-10 “Salmão”, com 1,5 g/100g de MS. Na quantidade de amido, o maior valor pertence ao acesso 496-05 “Da Madeira” com 67,54 g/100g de MS e o menor, com 33,81 g/100g de MS referente ao acesso 452-05 “Americana”. Na quantidade de energia disponível, o acesso 347-05 “Branca” possui o valor mais elevado,

1488,15 kJ/100g de MS, sendo um acesso indicado para pessoas com grande desgaste físico, e o acesso 187-05 “Roxa” com o menor valor, na ordem dos 1180,36 kJ/100g de MS, sendo este indicado para pessoas que evitam consumir alimentos caloricamente ricos.

Nestes acessos de batata-doce foram também analisados macrominerais e microminerais em estudo. Esta análise foi efectuada com a ajuda do laboratório de Análises de Solos e Plantas (DRADR/DSLAA, Camacha), e consistiu na análise do fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco, manganês e boro.

Tabela 7 – Composição mineral da batata-doce para os acessos açorianos. Macronutrientes e micronutrientes minerais analisados no laboratório para Análises de Solos e Plantas (DRADR/DSLAA, Camacha). Estão também descritos os valores de percentagem de DDR para cada variedade dos parâmetros descritos por Trumbo [26], Decreto-Lei n.º 54/2010 [27] e Yates [91]. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas para cada parâmetro analisado, por 100 gramas de amostra.

ISOP	Nome do vernáculo	Fósforo (mg/100 g de MS)	% DDR*		Potássio ^a (mg/100 g de MS)	% DDR*		Cálcio (mg/100 g de MS)	% DDR*		Magnésio ^b (mg/100g de MS)	Ferro (mg/100 g de MS)	% DDR*		Cobre (mg/100 g de MS)	% DDR*		Zinco (mg/100 g de MS)	% DDR*		Mang anês (mg/100g de MS)	% DDR*		Boro ^a (mg/100g de MS)
			H	M		H	M		H	M			H	M		H	M		H	M		H	M	
187 – 05	“Roxa”	140,0	20	20	850,0	43	43	80,0	8	8	< 100,0	2,0	25	11	0,4	44	44	0,9	8	11	0,6	26	33	0,5
204 – 05	“Roxa”	200,0	29	29	1650,0	83	83	80,0	8	8	< 100,0	2,0	25	11	0,3	33	33	0,9	8	11	0,5	22	28	0,4
347 – 05	“Branca”	90,0	13	13	1960,0	98	98	130,0	13	13	100,0	1,8	23	10	0,3	33	33	0,9	8	11	1,8	78	100	0,3
348 – 05	“Vermelha”	120,0	2	2	2420,0	121	121	80,0	8	8	< 100,0	2,4	30	13	0,5	56	56	1,0	9	13	1,7	74	94	1,7
452 – 05	“Americana”	190,0	27	27	1890,0	95	95	110,0	11	11	100,0	1,9	24	11	0,5	56	56	0,7	6	9	0,5	22	28	1,0
496 – 05	“Da Madeira”	130,0	19	19	1160,0	58	58	80,0	8	8	< 100,0	1,8	23	10	0,2	22	22	0,5	5	6	0,7	30	39	0,4
960 - 10	“Salmão”	90,0	13	13	2560,0	128	128	30,0	3	3	< 100,0	2,0	25	11	0,3	33	33	0,6	6	8	0,9	39	50	0,5

* - Percentagens de contribuição para a Dose Diária Recomendada para homens (H) e mulheres (M) com idades compreendidas entre 19 e 50 anos de idade.

a – Dados não descritos pelos autores.

b – Amostra com quantidades negligenciáveis.

Quanto aos acessos provindos dos Açores, o que apresentava maior quantidade de fósforo é o 204-05 “Roxa” com 200 mg/100g de MS (29 % DDR) e os acessos que apresentam a menor quantidade são o 347-05 “Branca” e 960-10 “Salmão” com 90 mg/100g de MS (13 % DDR). Na quantificação de potássio, o acesso com maior quantidade é o 960-10 “Salmão” com 2560 mg/100g de MS (128 % DDR), e a menor quantidade foi apresentada pelo 187-05 “Roxa” com 850 mg/100g de MS (43 % DDR). Em relação ao cálcio, o acesso com maior quantidade é o 452-05 “Americana” com 110 mg/100g de MS (11 % DDR) e a menor quantidade detectada foi para o 960-10 “Salmão” com 30 mg/100g de MS (3 % DDR). Na quantificação de magnésio, tais como os ISOPs madeirenses, não há grande distinção, apenas os acessos 347-05 “Branca” e 452-05 “Americana” com 100 mg/100g de MS e os restantes com menores quantidades que estes. O acesso 348-05 “Vermelha” teve a maior quantidade de ferro, 2,4 mg/100g de MS (30 % DDR para homens e 13 % para mulheres) e o 347-05 “Branca” e 496-05 “Da Madeira” com a menor quantidade, 1,8 mg/100g de MS (23 % DDR para homens e 10 % para mulheres). Na quantificação do cobre, o valor máximo obtido foi de 0,5 mg/100g de MS (56 % DDR) nos acessos 348-05 “Vermelha” e 452-05 “Americana”, e o valor mínimo pertence ao 496-05 “Da Madeira” com 0,2 mg/100g de MS (22 % DDR). Quanto ao zinco, o acesso 348-05 “Vermelha” teve o valor máximo deste mineral, que ascendeu aos 1,0 mg/100g de MS (9 % DDR para homens e 13 % para mulheres) e o 496-05 “Da Madeira” com o valor mínimo, 0,5 mg/100g de MS (5 % DDR para homens e 6 % para mulheres). O manganês obteve o valor máximo no acesso 347-05 “Branca” de 1,8 mg/100g de MS (78 % DDR para homens e 100 % para mulheres) e o valor mínimo no 204-05 “Roxa” e 452-05 “Americana” com 0,5 mg/100g de MS (22 % DDR para homens e 28 % para mulheres). Por fim, na quantificação do boro, o valor máximo pertence ao acesso 348-05 “Vermelha” com 1,7 mg/100g de MS e o valor mínimo ao 347-05 “Branca” com 0,3 mg/100g de MS. Os valores de DDR apresentados foram baseados nos trabalhos de Trumbo [26], Decreto-Lei n.º 54/2010 [27] e Yates [91].

4.3 Composição nutricional e mineral da batata-doce. Análise estatística

Foram analisados estatisticamente 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e 7 acessos provindos dos Açores, em que foram analisados em separado e depois em conjunto, de modo a obter valores globais para este trabalho (tabela 8).

Tabela 8 - Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de resíduo seco, nos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas obtidos para cada parâmetro, por 100 gramas de amostra.

Parâmetros Estatística	Resíduo seco (g/100g de MS)		
	Madeira	Açores	Madeira + Açores
N	11	7	18
Média	95,30	91,03	93,64
Erro Padrão da Média	0,52	0,31	0,60
Mediana	95,79	90,72	93,13
Moda	92,56 ^a	90,02 ^a	90,02 ^a
Desvio Padrão	1,71	0,81	2,56
Variância	2,94	0,66	6,56
Mínimo	92,56	90,02	90,02
Máximo	98,20	92,18	98,20
Variação	5,63	2,16	8,18

O valor mínimo de resíduo seco obtido foi de 90,02 g/100g de MS, e o máximo de 98,20 g/100g de MS, tendo resultado num valor médio de 93,54 g/100g de MS. Os ISOPs de batata-doce da Madeira, quando transformados em farinha, obtiveram valores que variam entre 92,56 g e 98,20 g de resíduo seco por 100g de MS, com um valor médio de 95,30 g/100g de MS. As amostras provindas dos Açores têm valores de resíduo seco que variam entre 90,02 g e 92,18 g/100g de MS, com um valor médio de 91,03 g/100g de MS. Os valores de humidade na farinha variaram entre 2 e 10 %. Segundo Hal [20], a humidade contida na farinha de batata-doce varia entre 4,4 e 13,2 %. Jangchud [21] determinaram valores na ordem dos 8 a 10 % de humidade contida na farinha de batata-doce. Singh [10] determinou que a farinha de batata-doce contém cerca de 8,7 % de humidade. Estes valores permitem-nos

inferir que a humidade na farinha de batata-doce encontra-se dentro dos limites para manter a sua integridade, permitindo armazená-la em boas condições, durante o período de análise.

As cinzas ou resíduo mineral fixo correspondem à fracção mineral de um alimento. Maior teor de cinzas fornecerá maior teor de sais minerais. A análise estatística dos 11 ISOPs madeirenses e 7 acessos açorianos foi realizada em separado e conjuntamente (tabela 9).

Tabela 9 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de cinzas nos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas para cada parâmetro analisado, por 100 gramas de amostra.

Parâmetros Estatística	Cinzas (g/100g de MS)		
	Madeira	Açores	Madeira + Açores
N	11	7	18
Média	3,04	2,96	3,01
Erro Padrão da Média	0,14	0,27	0,13
Mediana	2,99	3,16	3,05
Moda	2,44 ^a	1,73 ^a	1,73 ^a
Desvio Padrão	0,45	0,71	0,55
Variância	0,21	0,50	0,30
Mínimo	2,44	1,73	1,73
Máximo	3,76	3,75	3,76
Varição	1,32	2,02	2,03

a – Existem várias modas, mas é o menor valor que é demonstrado.

Os valores obtidos como mínimo e máximo, para a análise de cinzas nas amostras de batata-doce da Madeira e acessos dos Açores são de 1,73 e 3,76 g/100g de MS, respectivamente, com um valor médio de 3,01 g/100g de MS. Nas amostras provindas apenas da Madeira, o valor mínimo obtido para este parâmetro foi de 2,44 g de minerais por 100g de MS, com um valor máximo de 3,76 g/100g de MS, e um valor médio de 3,04 g/100g de MS. Na análise dos rizomas de batata-doce provindos dos Açores, o valor mínimo obtido foi de 1,73 g/100g de MS e o máximo de 3,75 g/100g de MS, com um valor médio de 2,96 g/100g de MS. Ravindran [23] determinou que os rizomas de batata-doce têm teores de cinza entre 2,34 e 4,19 g/100g de MS. Jangchud [21] obteve valores de 4,0g de cinzas em 100g de MS para rizomas cor de laranja, similar à variedade de “De cenoura” (Madeira) ou “Salmão” (Açores). O rizoma de cor púrpura apresentou apenas 2,6 g/100g de MS. Singh [10] determinou cerca de 1,56 g/100g de cinzas em MS em farinha de batata-doce. Bradbury [90] determinaram valores de 2,6g de cinzas por 100g de MS para a farinha de batata-doce. Os

valores de cinzas encontrados nos rizomas de batata-doce deste trabalho encontram-se em conformidade com os valores mencionados na bibliografia consultada.

O resíduo mineral foi analisado nos seus minerais constituintes com ajuda do Laboratório de Análises de Solos e Plantas (DRADR/DSLAA, Camacha). Os valores obtidos são comparados entre si e com outros trabalhos, usados como referência neste estudo. Os minerais analisados foram o cálcio, fósforo, magnésio, potássio, ferro, cobre, zinco e manganês (tabela 10).

Tabela 10 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os minerais dos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de miligramas obtidos para cada parâmetro, por 100 gramas de amostra.

Minerais	Madeira (mg/100g de MS)		Açores (mg/100g de MS)		Madeira + Açores (mg/100g de MS)		Ravindran [23] (mg/100g de MS) Min-Max	Bradbury [90] (mg/100g de MS) Valor médio
	Min - máx	Média	Min-máx	Média	Min-máx	Média		
Cálcio	50,00 – 170,00	104,50	30,00 – 130,00	84,30	30,00 – 170,00	96,70	89,00 – 239,00	100,34
Fósforo	90,00 – 160,00	122,70	10,00 – 200,00	121,70	10,00 – 200,00	122,30	148,00 – 226,00	176,47
Magnésio	-----	-----	-----	-----	-----	-----	58,00 – 120,00	89,97
Potássio	1080,00 – 1580,00	1297,30	850,00 – 2560,00	1784,30	850,00 – 2560,00	1486,70	840,00 – 1280,00	899,65
Ferro	0,00 – 4,00	1,88	2,00 – 2,00	2,00	0,00 – 4,00	1,92	1,30 – 6,20	1,70
Cobre	0,20 – 0,50	0,39	0,20 – 0,50	0,36	0,20 – 0,50	0,33	0,51 – 0,90	0,59
Zinco	0,30 – 0,90	0,60	0,50 – 1,00	0,79	0,30 – 1,00	0,67	1,60 – 5,40	2,04
Manganês	0,10 – 0,40	0,23	0,50 – 1,80	0,96	0,10 – 1,80	0,51	0,32 – 0,78	0,38

Os rizomas de batata-doce analisados neste estudo apresentam, de uma forma geral, valores de minerais inferior aos teores referidos na bibliografia, com excepção dos valores de potássio, ferro e manganês. A técnica utilizada para quantificar o magnésio não detectava valores que fossem inferiores a 100 mg/100g de MS, sendo impossível a comparação. Os rizomas de batata-doce são ricos em potássio, elemento mineral importante para manter os fluidos em equilíbrio nas nossas células e requerido nas reacções celulares. As diferenças entre ISOPs madeirenses e acessos açorianos não são significativas, apenas diferindo nos níveis de potássio e manganês, sendo os acessos açorianos mais ricos que os madeirenses.

A fibra determinada neste trabalho inclui a celulose e lignina, que constitui a fibra insolúvel da amostra. A fibra foi determinada pelo método de Van Soest [34], com a

utilização de um detergente ácido sob refluxo. Como foi referido na revisão bibliográfica deste trabalho, não foi possível verificar qualquer referência à quantidade de ADF presente nos rizomas de batata-doce na bibliografia. As pesquisas efectuadas limitam-se à determinação de ADF nas partes aéreas da planta, nomeadamente folhas e caule, para o uso em rações para animais. A quantidade de fibra bruta é a melhor aproximação à quantidade de ADF, sendo então base de comparação para a fibra neste trabalho.

A quantidade de fibra (ADF) foi determinada nos 18 acessos de batata-doce da Madeira e Açores, sendo os dados tratados estatisticamente (tabela 11).

Tabela 11 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de fibra nos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas determinado para cada parâmetro, por 100 gramas de amostra.

Parâmetros Estatística	Fibra (g/100g de MS)		
	Madeira	Açores	Madeira + Açores
N	11	7	18
Média	3,22	3,14	3,19
Erro Padrão da Média	0,16	0,41	0,18
Mediana	3,17	3,05	3,07
Moda	2,61 ^a	1,56 ^a	1,56 ^a
Desvio Padrão	0,52	1,09	0,76
Variância	0,28	1,18	0,58
Mínimo	2,61	1,56	1,56
Máximo	4,27	5,00	5,00
Variação	1,66	3,44	3,44

a – Existem várias modas, mas é o menor valor que é demonstrado.

O valor máximo obtido para os 18 acessos de batata-doce foi de 5,00g de fibra por 100g de MS. O acesso que apresenta maiores valores de fibra é mais apropriado para pessoas com problemas de regulação intestinal. O valor mínimo foi de 1,56 g/100g de MS. Nos ISOPs da Madeira, o teor de fibra varia entre 2,61 a 4,27 g/100g de MS, com um valor médio de 3,22 g/100g de MS. Quanto aos acessos açorianos, o valor máximo foi de 5,00 g/100g de MS e o valor mínimo de 1,56 g/100g de MS. Jangchud [21] obteve valores de fibra bruta da batata-doce entre 0,2 e 6,5 g/100g de MS, estando de acordo com os valores apresentados neste trabalho. Ravindran [23] apresenta valores entre 1,89 e 3,48 g/100g em MS. Portanto, os valores de fibra na batata-doce da Madeira e Açores encontram-se em consonância com a bibliografia consultada.

A quantidade de gordura bruta na farinha de batata-doce foi determinada pelo método de Bligh [42]. Este método verificou-se eficaz e reprodutível para amostras com baixo teor lipídico. Esta análise foi efectuada nos 18 acessos inseridos neste trabalho (tabela 12).

Tabela 12 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de gordura bruta nos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas obtido para cada parâmetro, por 100 gramas de amostra em massa seca.

Parâmetros Estatística	Gordura bruta (g/100g de MS)		
	Madeira	Açores	Madeira + Açores
N	11	7	18
Média	1,42	0,87	1,21
Erro Padrão da Média	0,20	0,11	0,14
Mediana	1,31	1,01	1,03
Moda	0,60 ^a	0,43 ^a	0,43 ^a
Desvio Padrão	0,67	0,29	0,61
Variância	0,45	0,08	0,37
Mínimo	0,60	0,43	0,43
Máximo	2,37	1,16	2,37
Variação	1,77	0,73	1,94

a – Existem várias modas, mas é o menor valor que é demonstrado.

Os acessos de batata-doce, de uma forma geral, contêm uma quantidade de gordura bruta que varia entre 0,43 e 2,37g por 100g de MS tendo um valor médio de 1,21 g/100g de MS. Os ISOPs madeirenses obtiveram valores entre 0,6g e 2,37 g/100g de MS, com um valor médio de 1,42 g/100g de MS. Por sua vez, as amostras dos Açores apresentam quantidades entre 0,43 e 1,16 g/100g de MS, com um valor médio de 0,87 g/100g de MS. Apesar dos ISOPs madeirenses terem valores mais elevados de gordura bruta, continuam a ser valores muito baixos, podendo ser consumido por pessoas que devem ingerir alimentos pobres em gordura. Ravindran [23] e Jangchud [21] detectaram, em rizomas de batata-doce, que a quantidade de gordura bruta varia entre 0,4 e 0,7 g/100g de MS. Singh [10], determinou que farinha de batata-doce contém cerca de 0,52g de gordura bruta por 100g em MS. Bradbury [90] analisaram a farinha de batata-doce e inferiram que contém cerca de 0,6 g/100g de MS. Face a estes valores bibliográficos, os teores de gordura bruta obtida para os 18 acessos foi um pouco superior, originando uma certa vantagem a nível nutricional, em especial se esta gordura for constituída predominantemente por ácidos poli-insaturados.

O conteúdo de proteínas é um dos atributos nutricionais mais relevantes dos alimentos, tendo sido neste trabalho determinado pelo método de Kjeldahl (tabela 13).

Tabela 13 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de proteína nos 11 ISOPs de batata-doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas obtido para cada parâmetro por 100 gramas de amostra em massa seca.

Parâmetros Estatística	Proteína (g/100g de MS)		
	Madeira	Açores	Madeira + Açores
N	11	7	18
Média	2,09	4,94	3,20
Erro Padrão da Média	0,31	0,47	0,42
Mediana	1,64	5,32	2,61
Moda	1,27 ^a	2,96 ^a	1,27 ^a
Desvio Padrão	1,04	1,23	1,79
Variância	1,08	1,51	3,21
Mínimo	1,27	2,96	1,27
Máximo	4,87	6,71	6,71
Variação	3,60	3,75	5,44

a – Existem várias modas, mas é o menor valor que é demonstrado.

A análise estatística conjunta dos rizomas da Madeira e Açores apresenta um valor mínimo de 1,27g de proteína por 100g de MS que seriam valores aconselhados para pessoas que devem ingerir quantidades proteicas baixas, mantendo os outros nutrientes em quantidades razoáveis. O valor máximo de proteína foi 6,71 g/100g de MS, que tornam a batata-doce mais aconselhada como fonte de proteína para as populações que muitas têm na batata-doce, a base da sua alimentação. O valor médio global obtido foi de 3,20 g/100g de MS. A batata-doce da Madeira apresenta valores entre 1,27 e 4,87 g/100g de MS, com um valor médio de 2,09 g/100g de MS, enquanto nos Açores estes valores são de 2,96 a 6,71 g/100g de MS, e 4,94 g/100g de MS respectivamente. O valor proteico dos rizomas provindos dos Açores é mais elevado do que nos ISOPs madeirenses. Este facto deve-se talvez ao uso de adubos para enriquecimento do solo nesta região, enquanto na Madeira não foi adicionado qualquer correctivo aos solos onde foram cultivados os ISOPs analisados. A variação proteica é determinada por factores genéticos entre acessos que produzem diferença nos valores nutritivos. Outra das razões para os rizomas de batata-doce da Madeira apresentarem um

baixo valor proteico poderá residir na precipitação excessiva, visto que existem dados que demonstram que excesso de água é indirectamente proporcional á quantidade de proteína contida no rizoma (Ekanayake [19]). A pluviosidade ocorrida na Madeira em 2010, na altura de plantação e de crescimento dos rizomas parece ter sido excessiva, fazendo com que os rizomas armazenassem demasiada água no seu interior, diminuindo a proporção de proteína dos rizomas.

Segundo Grabowski [53], o conteúdo de proteína nos rizomas de batata-doce geralmente varia entre 1,2 e 10 g/100g em MS. Walter [51] analisaram duas cultivares norte-americanas de batata-doce, Jewel e Centennial, que perfazem cerca de 90 % da plantação e produção de batata-doce nos EUA. Os valores de proteína estão compreendidos entre 1,73 e 9,14 g/100g em MS. Hal [20] descreve valores de 1,0 a 14,2 g/100g de proteína em MS. Jangchud [21] determinaram valores entre 1,9 a 2,6 g/100g de MS nos rizomas de batata-doce tailandesa. No Sri Lanka, Peradeniya, Ravindran [23] determinou valores que variam de 2,95 a 7,19 g/100g de proteína em MS. Singh [10] determinaram que a farinha de batata-doce contém cerca de 2,3g de proteína por 100g em MS, enquanto Bradbury [90] obtiveram valores na ordem dos 5,0 g/100g de MS. O conteúdo de proteína parece assim ser muito variável e depender da variedade (genética) e/ou factores ambientais.

Açúcares solúveis são os açúcares obtidos através da solubilização da amostra numa solução etanólica, que inclui glicose, frutose e sacarose. A quantidade média de açúcares solúveis obtida na análise de 18 acessos de batata-doce da Madeira e Açores é demonstrado na tabela 14. A análise foi efectuada por regiões e depois em conjunto, para uma melhor percepção da variação dos teores de açúcar nos rizomas.

Tabela 14 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de açúcar solúvel nos 11 ISOPs de batata doce da Madeira e Açores sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas por 100 gramas de amostra em massa seca.

Parâmetros Estatística	Açúcares solúveis (g/100g MS)		
	Madeira	Açores	Madeira + Açores
N	11	7	18
Média	14,83	12,69	14,00
Erro Padrão da Média	0,93	4,25	1,69
Mediana	15,88	10,00	15,37
Moda	8,75 ^a	1,50 ^a	1,50 ^a
Desvio Padrão	3,10	11,23	7,16
Variância	9,58	126,16	51,32
Mínimo	8,75	1,50	1,50
Máximo	17,94	35,70	35,70
Variação	9,19	34,20	34,20

a – Existem várias modas, mas é o menor valor que é demonstrado.

O valor máximo obtido para este parâmetro foi de 35,70 g/100g de MS que na alimentação é aconselhado para pessoas com requisitos energéticos elevados, como desportistas. O valor mínimo obtido foi de 1,5g/100 g de MS, sendo provavelmente aconselhado a pessoas que devem moderar o consumo de açúcar, tal como pessoas com diabetes mellitus.

Ravindran [23], analisou 16 cultivares de batata-doce no Sri Lanka, e obtiveram entre 3,74 e 9,89 g/100g MS de açúcar. Woolfe [13] obteve uma variação entre 5 a 38 g/100g de MS. Singh [10] determinou que a farinha de batata-doce contém cerca de 11,4g de açúcares solúveis totais em 100g de MS. Bradbury [90] analisaram 164 amostras de rizomas de batata-doce do Pacífico, onde é considerado um alimento de 1^a necessidade e de extrema importância para a alimentação das populações residentes. A quantidade média de açúcar solúvel determinado foi de 8,24 g/100g de MS. Os 11 ISOPs de batata-doce madeirense têm entre 8,75 a 17,94g de açúcares solúveis por 100g de MS e uma média de 14,83 g/100g de MS. Estes valores estão em consonância com os valores descritos na bibliografia, apesar do valor médio ser um pouco mais elevado. Nas amostras do Arquipélago dos Açores, o teor de açúcar solúvel total varia entre 1,50 e 35,70 g/100g de MS com um valor médio de 12,69 g/100g em MS. Estes valores encontram-se igualmente em consonância com a bibliografia diferindo apenas no valor mínimo de açúcares solúveis.

De uma forma geral, o intervalo dos açúcares solúveis totais deste trabalho é de 1,50 a 35,70g/100g de MS e com uma quantidade média de 14,00 g/100g de MS, em que mostra estar em concordância com os dados encontrados na bibliografia consultada.

O amido é o componente predominante na matéria seca da batata-doce. A quantidade de amido presente nos rizomas torna estes apelativos para a indústria alimentar, devido às inúmeras situações em que pode ser utilizado (Woolfe [13]; Chen [59]). Como é o elemento presente em maior abundância nos rizomas de batata-doce, é uma boa fonte para extracção e purificação deste componente. A tabela 15 apresenta a quantidade média de amido presente nos 18 acessos de batata-doce da Madeira e Açores.

Tabela 15 – Valores estatísticos obtidos pelo programa SPSS 19.0 para os valores de amido nos 11 ISOPs de batata doce da Madeira e para os 7 acessos provindos dos Açores, sendo também efectuada uma análise em conjunto. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas por 100 gramas de amostra em massa seca.

Parâmetros Estatística	Amido (g/100g MS)		
	Madeira	Açores	Madeira + Açores
N	11	7	18
Média	61,69	56,62	59,72
Erro Padrão da Média	1,01	4,34	1,82
Mediana	61,02	55,64	60,58
Moda	57,25 ^a	33,81 ^a	33,81 ^a
Desvio Padrão	3,35	11,48	7,72
Variância	11,25	131,82	59,59
Mínimo	57,25	33,81	33,81
Máximo	68,15	67,54	68,15
Variação	10,90	33,73	34,34

a – Existem várias modas, mas é o menor valor que é demonstrado.

Na análise deste parâmetro, obteve-se um valor máximo de 68,15g de amido por 100g de MS, que numa perspectiva industrial alimentar poderia ser boa fonte para extracção de amido. O valor mínimo detectado foi de 33,81 g/100g de MS podendo ser útil em refeições dietéticas em que este componente deve ser reduzido para manter baixo o valor energético.

Ravindran [23], encontraram valores entre 63,13 e 77,34g de amido por 100g de MS. Jangchud [21] determinaram valores entre 63,30 e 75,00 g/100g de MS de batata-doce, não tratada com preservantes. Singh [10] determinou que a farinha de batata-doce contém cerca de 74,50 g/100g em MS. Bradbury [90] determinaram que a batata-doce contém cerca de 69,60g

de amido por 100g de MS. Neste trabalho, os 11 ISOPs madeirenses apresentaram entre 57,25 e 68,15 g/100g de MS com um valor médio de 61,69 g/100g de MS. Estes valores encontram-se em consonância com os dados bibliográficos. No que se refere aos 7 acessos dos Açores, os valores de amido variam entre 33,81 e 67,54 g/100g de MS, tendo um valor médio de 56,62 g/100g de MS, que de um modo geral vão de encontro aos valores consultados, tendo apenas um valor mínimo abaixo do esperado. Este valor mínimo talvez se deva ao transporte demorado ou ao mau acondicionamento deste acesso, levando a que parte do amido presente na amostra tenha sido convertida em açúcar solúvel total, fazendo com que o valor de amido seja muito inferior ao referido em bibliografia e ao encontrado na análise dos ISOPs madeirenses.

Os hidratos de carbono contabilizam os açúcares solúveis, amido e fibra insolúvel (ADF), perfazendo a percentagem maioritária da composição nutricional de rizomas de batata-doce, fazendo com que sejam ricos energeticamente (tabela 16).

Tabela 16 – Quantidade de hidratos de carbono nos rizomas de batata-doce. Os valores apresentados encontram-se em forma do número de gramas por 100 gramas de amostra em massa seca.

Origem	ISOP	Nome do vernáculo	Quantidade de hidratos de carbono (Amido + Açúcares solúveis + Fibra (ADF)) (g/100g de MS)	% DDR*
Madeirenses	1005	"Da escura"	82,58	64
	1010	"Teixeira"	78,84	61
	1012	"Rama preta"	76,59	59
	1017	"Barbiça"	79,62	61
	1018	"Rama louca"	82,26	63
	1021	"Preta"	82,68	64
	1028	"De cenoura"	78,57	60
	1036	"Brasileira"	80,69	62
	1038	"5 Bicos"	79,13	61
	1047	"Batata-doce"	75,94	58
		"Inglesa"	80,21	62
	Média		79,62	61
Açoreanos	187 – 05	"Roxa"	63,40	49
	204 – 05	"Roxa"	64,55	50
	347 – 05	"Branca"	85,05	65
	348 – 05	"Vermelha"	67,36	52
	452 – 05	"Americana"	73,41	56
	496 – 05	"Da Madeira"	81,79	63
	960 - 10	"Salmão"	71,57	55
	Média		71,57	55

* - Percentagens de contribuição para a Dose Diária Recomendada para homens e mulheres com idades compreendidas entre 19 e 50 anos de idade (Trumbo [26]; Yates [91]).

A análise da tabela 16 permite-nos inferir que os valores de hidratos de carbono em rizomas de batata-doce variam entre 63,40 e 85,05 g/100g de MS. Trumbo [26], refere que a quantidade de hidratos de carbono que deverá ser consumido diariamente, para homens e mulheres com idades compreendidas entre os 19 e 50 anos de idade, é de 130g. Os valores da composição nutricional, permitem verificar que cerca de 165 g de farinha de batata-doce possuem a quantidade de hidratos de carbono diariamente requerida. Apesar do seu valor energético, a batata-doce não é um alimento totalmente equilibrado que permita suprir todas

as necessidades de nutrientes do organismo. Outra alternativa para o uso da batata-doce, em especial as culturas de menor qualidade é a produção de biocombustível. A utilização de batata-doce para a produção de álcool etílico como biocombustível, através da fermentação microbológica, permite obter uma quantidade de álcool proporcional à quantidade de hidratos de carbono presente no rizoma (Walter [51]). Por essa razão quanto maior o teor de hidratos de carbono, maior será a quantidade de álcool etílico produzido. Este é um dos muitos usos que podemos dar a uma cultura por vezes negligenciada mas com grande potencialidade.

4.4 Análise multivariada

Os valores nutricionais e minerais das variedades de batata-doce foram utilizados na análise estatística, a fim de determinar a existência de agrupamentos e identificar *traits* que correspondem a caracteres nutricionais ou minerais que possam distinguir variedades ou acessos de batata-doce. Para testar se os parâmetros tinham distribuição normal, condição necessária para executar estes testes estatísticos, foi utilizado o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov Z (ver tabela 22 em anexo), em que foi determinado que todos os parâmetros nutricionais tinham uma distribuição normal com $P > 0,05$. Com esta conclusão, torna-se possível realizar os testes de análise multivariada descritos seguidamente.

Para o agrupamento e ordenamento dos acessos analisados, usou-se o software estatístico MVSP 3.1 e efectuou-se a análise por PCA (análise por componentes principais) e PCOA (análise por coordenadas principais) usando o coeficiente de similaridade de Gower. A análise por PCA não permitiu um agrupamento claro dos acessos de batata-doce (dados não mostrados), enquanto a análise por PCOA mostrou-se eficaz, originando 4 grupos bem distintos (figura 8). Assim, seleccionou-se este método para agrupar os acessos de batata-doce, relativamente aos parâmetros nutricionais, mostrando-se apenas o gráfico obtido a partir desta análise.

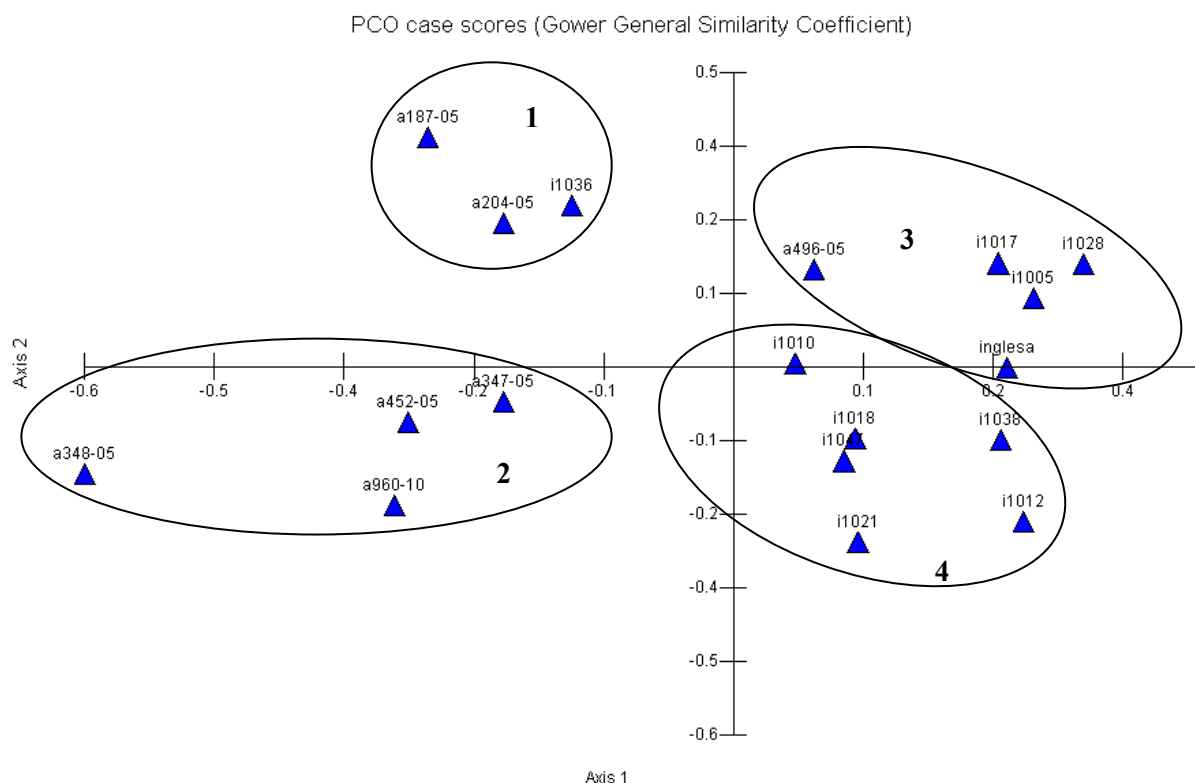


Figura 8 – Gráfico de análise de coordenadas principais aplicando o coeficiente de Gower de similaridade geral, obtido através do software MVSP 3.1. São distinguidos 4 grupos de acessos de batata-doce, o qual foram agrupados devido á sua similaridade nutricional e mineral.

Pela análise do gráfico de PCOA permite-nos concluir que os 18 acessos de batata-doce foram separados de modo eficiente em 4 grupos bem distintos. O grupo 1 inclui 3 acessos, em que 2 são açorianos (a187-05 e a204-05) e 1 madeirense (i1036). O grupo 2 inclui 4 acessos açorianos (a347-05, a348-05, a452-05 e a960-10). O grupo 3 contém 5 acessos em que 1 é açoriano (a496-05) e 4 acessos são madeirenses (i1005, i1017, i1028 e inglesa). Por fim, o grupo 4 apresenta os restantes 6 acessos de batata-doce, sendo o maior grupo, em que todos são de origem madeirense (i1010, i1012, i1018, i1021, i1038 e i1047). A distribuição espacial dos acessos de batata-doce no gráfico de PCOA foi efectuada entre o eixo 1 e 2, que correspondem á maior percentagem de variabilidade e porque a distribuição espacial entre o eixo 1 e os restantes não contribuiu para melhorar os agrupamentos entre acessos. O eixo 1 possui 24,12 % da variabilidade demonstrada e o eixo 2, 12,76%, resultando numa percentagem cumulativa de 36,88 %.

Um dendrograma foi construído, usando o software MVSP 3.1, com base no algoritmo UPGMA, método este que usa médias aritméticas para construir uma rede de semelhanças (figura 9).

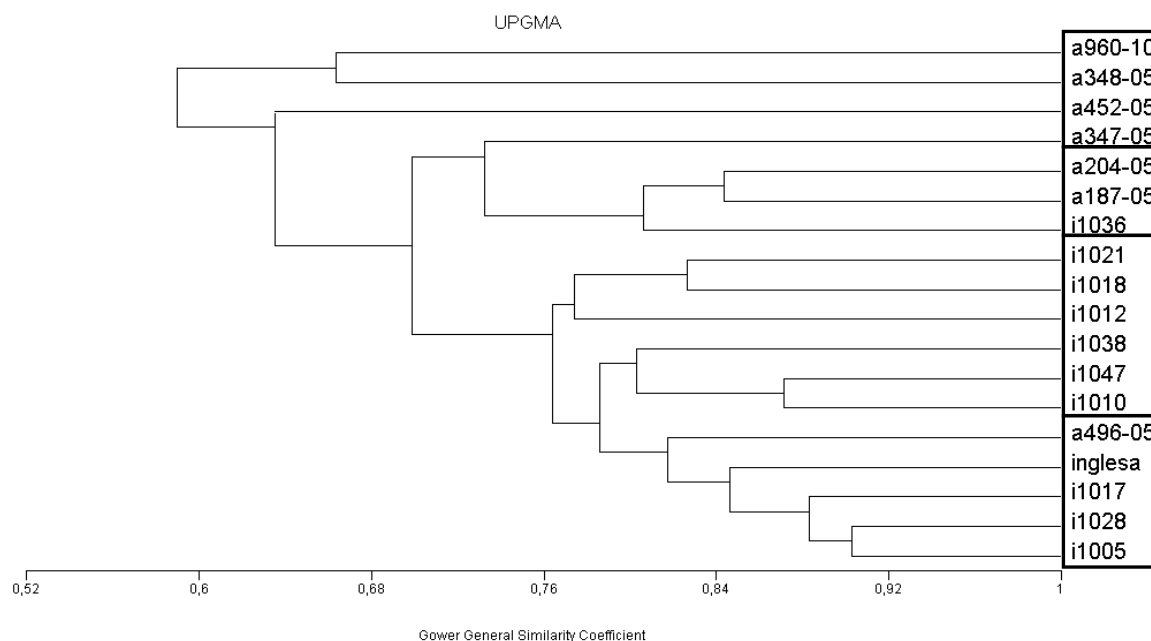


Figura 9 – Dendrograma construído através do programa estatístico MVSP 3.1, com base no algoritmo UPGMA, que constrói uma rede de similaridade entre os acessos de batata-doce. As caixas apresentadas delimitam os grupos formados, como demonstrado anteriormente.

Pela representação do dendrograma (figura 9), pode-se notar os grupos formados pelo PCOA no qual foram discriminados anteriormente, e verificar o grau de semelhança entre os diferentes acessos de batata-doce. Este dendrograma confirma o agrupamento efectuado pelo PCOA representado anteriormente (figura 8). De uma forma geral denota-se uma certa distinção entre acessos madeirenses e açorianos a nível nutricional e mineral, apesar de não serem bem isolados como grupos distintos.

Com a ajuda do SPSS 19.0, tentou-se criar 2 grupos formados pelos valores nutricionais e minerais obtidos neste trabalho, em que cada grupo distinguísse uma região, que neste caso seria Madeira e Açores. Para este efeito foi utilizado o ANOVA One-Way, mas resultou em integrações deficientes nos grupos, sendo impossível separar as amostras pela região (dados não apresentados), o que indica que a análise nutricional e mineral não diferencia as amostras das 2 regiões, possuindo alguma similaridade entre si.

A análise descritiva de todos os parâmetros nutricionais dos 18 acessos de batata-doce, pelo uso do SPSS 19.0, permitiu confirmar a 100 % os agrupamentos efectuados pelo PCOA através do MVSP 3.1. Realizando uma validação cruzada da análise, a confirmação dos agrupamentos manteve os 100 %. Estes valores demonstram que os agrupamentos efectuados pelo PCOA no MVSP 3.1 foram correctos. Foi efectuada também uma análise estatística PCOA para determinar semelhanças ou diferenças entre diferentes locais, nomeadamente

ilhas. Os valores obtidos neste trabalho foram utilizados para comparar com valores referenciados em bibliografia para o Sri Lanka (Ravindran [23]) e ilhas do Pacífico (Bradbury [90]). Os parâmetros utilizados foram os açúcares solúveis, amido, cinzas, gordura bruta, proteína, cálcio e ferro devido a serem os únicos parâmetros em comum. Foram usados os valores médios de variedades de batata-doce analisados nestas regiões, bem como os valores médios obtidos para cada variedade de batata-doce estudada neste trabalho. As ilhas do Pacífico abordadas neste estudo são as ilhas de Salomão, Tonga, PNG, Samoa e Fiji.

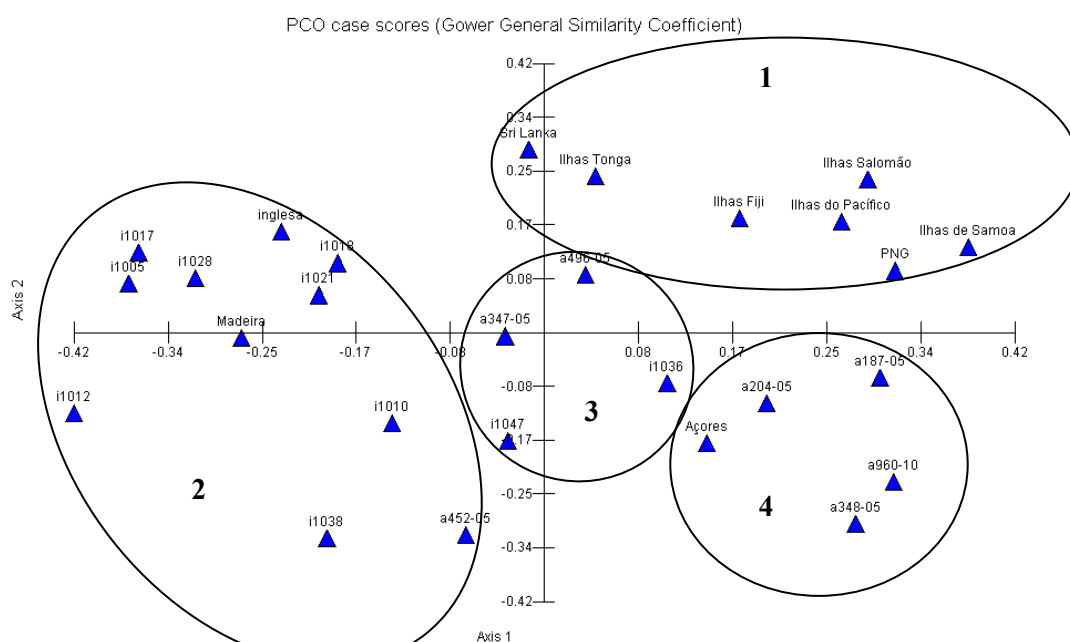


Figura 10 – Gráfico de análise de coordenadas principais aplicando o coeficiente de Gower de similaridade geral, para as amostras analisadas neste trabalho e dados referentes à bibliografia consultada para Sri Lanka (Ravindran [23]) e algumas ilhas do Pacífico (Bradbury [90]). Este estudo foi efectuado com base no software MVSP 3.1. São distinguidos 4 grupos de acessos de batata-doce, o qual foram agrupados devido à sua similaridade nutricional e mineral.

Pela análise da figura acima representada, pode ser determinado que as médias das variedades de batata-doce estudadas neste trabalho, bem como a respectiva média geral para as regiões da Madeira e dos Açores, são distintas dos dados bibliográficos para as ilhas do Pacífico e Sri Lanka. O grupo 1 é constituído pelas ilhas do Pacífico e Sri Lanka. O grupo 2 por variedades madeirenses e respectiva média. O grupo 3 por variedades açorianas e madeirenses e por fim o grupo 4 é constituído por apenas variedades açorianas e respectiva média referente a esta região. A distribuição espacial dos acessos de batata-doce no gráfico de PCOA foi efectuada entre o eixo 1 e 2, pelas mesmas razões referidas anteriormente. O eixo 1 possui 23,25 % da variabilidade demonstrada e o eixo 2, 12,24 %, resultando numa percentagem cumulativa de 35,49 % (ver tabela 29 em anexo). Esta análise demonstra que os

acessos de batata-doce analisados neste trabalho distinguem-se de certa forma dos acessos de outros locais, nomeadamente Sri Lanka e ilhas do Pacífico, demonstrando variabilidade e individualidade entre estes. Os agrupamentos foram analisados em SPSS 19.0 e verificado que 96,3 % dos agrupamentos efectuados pelo PCOA através do MVSP 3.1, foram bem classificados. Realizando uma validação cruzada da análise, a confirmação dos agrupamentos foi de 88,9 %, sendo estes valores suficientes para determinar que os agrupamentos encontram-se bem classificados (dados não apresentados).

Analisou-se num PCOA apenas as médias calculadas para cada região, de forma a avaliar diferenças e concluir a variabilidade existente entre regiões.

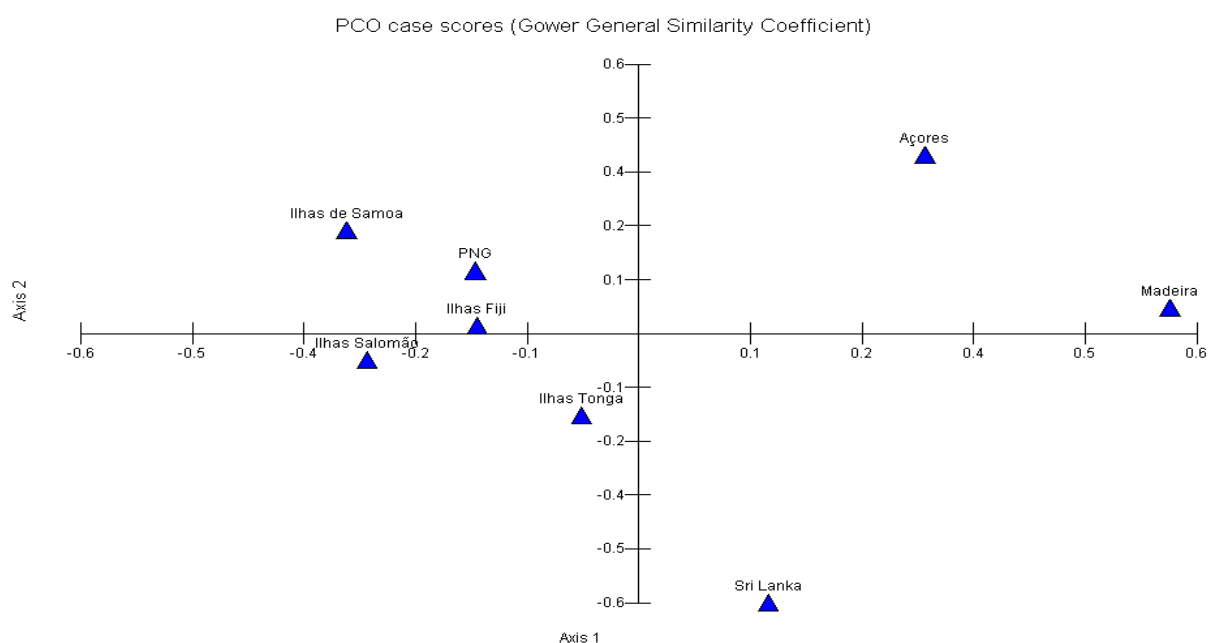


Figura 11 – Gráfico de análise de coordenadas principais aplicando o coeficiente de Gower de similaridade geral, obtido através do software MVSP 3.1. Os dados analisados foram os valores médios nutricionais e minerais comuns a todas as regiões inseridas no gráfico, nomeadamente Madeira, Açores, Sri Lanka (Ravindran [23]) e algumas ilhas do Pacífico (Bradbury [90]).

Pela análise da figura acima representada, pode ser verificado a diferenciação entre as regiões analisadas, mostrando a individualidade entre si, reforçando a conclusão anteriormente referida. A estatística PCOA foi efectuada para os valores médios dos mesmos parâmetros nutricionais e minerais já anteriormente referidos. As ilhas dos Açores, Madeira e Sri Lanka distinguem-se entre si e entre as ilhas do Pacífico, sendo estas últimas semelhantes entre si. Nesta análise de PCOA, o eixo 1 possui 27,07 % da variabilidade e o eixo 2, 24,79 %, resultando numa percentagem cumulativa de 51,86 % (ver tabela 30 em anexo).

Os recursos genéticos analisados neste trabalho são então de um modo geral, distintos entre si dos recursos analisados bibliograficamente, demonstrando singularidade.

Numa tentativa de determinar parâmetros nutricionais e minerais que demonstrem variabilidade nos acessos ou nas variedades de batata-doce, foi usado o ANOVA One-Way (para observar pormenorizadamente ver tabela 23 em anexo) para determinar o valor de F e significância entre os valores obtidos para cada parâmetro (tabela 17). Esta variabilidade nos parâmetros possibilita a distinção entre estes, demonstrando quais os parâmetros que diferenciam acessos ou variedades de batata-doce, distinguindo *traits*.

Tabela 17 – Valores de F e significância obtidos pelo software SPSS 19.0 através do ANOVA One-Way.

	Resíduo seco	Cinzas	Fibra (ADF)	Gordura bruta	Proteína	Açúcares solúveis	Amido
F	12,181	12,996	6,270	5,375	28,107	0,373	1,172
Sig.	0,000	0,000	0,006	0,011	0,000	0,774	0,356

	Fósforo	Potássio	Cálcio	Ferro	Cobre	Zinco	Manganês	Boro
F	1,832	18,059	0,650	0,371	1,984	6,410	7,965	1,962
Sig.	0,188	0,000	0,596	0,775	0,163	0,006	0,002	0,166

A tabela 17 permite-nos verificar que foi obtido um $p < 0,05$ para os parâmetros de resíduo seco, cinzas, fibra (ADF), proteína, potássio, zinco e manganês. Desta forma estes parâmetros diferenciam as amostras de batata-doce usados neste trabalho, no que podem servir como referência em trabalhos futuros, sobre a variação dos caracteres nutricionais e minerais dos recursos genéticos desta cultura, diferenciando variedades. Os restantes parâmetros, não demonstraram diferenças significativas, entre os grupos formados neste trabalho.

Na tentativa de determinar a origem das diferenças entre os parâmetros e grupos formados pelos acessos de batata-doce usados neste trabalho, foi efectuado o teste de Tukey HSD (ver tabela 24 em anexo), com um nível de significância a 0,05. No que foi observado, referente aos grupos 1 e 2 formados apenas para os acessos de batata-doce da Madeira e Açores, estes distinguem-se nos parâmetros de cinzas, fibra, potássio e manganês. Para os grupos 1 e 3, as diferenças residem na proteína e zinco. Entre os grupos 1 e 4 as dissimilaridades são nas cinzas, fibra, proteína, resíduo seco e zinco. Nos grupos 2 e 3, as diferenças entre estes provêm das cinzas, gordura bruta, proteína, resíduo seco, potássio,

zinco e manganês. As diferenças relativamente aos grupos 2 e 4 provêm do conteúdo proteico, resíduo seco, potássio e manganês. Por fim, entre os grupos 3 e 4, as divergências encontram-se nos parâmetros de cinzas e gordura bruta. Desta forma é perceptível onde é que residem as diferenças referentes aos parâmetros que destacam os grupos entre si.

Numa análise discriminante, foram determinadas as funções canónicas que servem para identificar os centróides dos grupos de batata-doce formados apenas para os acessos de batata-doce da Madeira e Açores. Esta análise estatística é importante porque permite identificar acessos de referência que melhor caracterizam o grupo em que estão integrados (tabela 18).

Tabela 18 – Valores obtidos pela correlação entre variáveis discriminantes e funções canónicas discriminantes padronizadas. São apresentados os valores para cada variável canónica no parâmetro nutricional ou mineral correspondente.

	Funções (variáveis canónicas)		
	1	2	3
Resíduo seco	-0,591	0,023	0,806*
Cinzas	-0,036	0,753*	0,657
Fibra^a	-0,032	0,412*	-0,075
Gordura bruta^a	-0,428*	-0,048	0,361
Proteína	0,907*	-0,099	0,409
Açúcares solúveis^a	-0,447*	-0,142	-0,147
Amido^a	0,098*	0,068	0,040
Fósforo^a	-0,260	0,182	-0,408*
Potássio^a	0,317	0,719*	0,408
Cálcio^a	-0,611*	-0,160	0,040
Ferro^a	-0,036	-0,171*	-0,044
Cobre^a	-0,125	0,053	-0,178*
Zinco^a	-0,139*	-0,051	0,068
Manganês^a	0,305*	-0,234	0,178
Boro^a	0,553*	0,057	-0,070
% Variação	59,6	39,5	1,0
Eigenvalue	7,240	4,799	0,118

* - Maior correlação absoluta entre cada parâmetro e qualquer função discriminante usada.

a – Este parâmetro não é usado na análise.

De acordo com a tabela 18, a análise estatística discriminante originou 3 funções canônicas, em que a contribuição de cada uma é demarcada pela % de variação. As duas primeiras variáveis canônicas explicam 99 % da variabilidade existente. A 1ª função explica 59,6 % da variabilidade, a 2ª função 39,5 %. A 3ª função explica apenas 1,0 %, desta variabilidade (ver tabela 25 em anexo). Assim a 1ª função é a que mais contribui para resumir a variabilidade contida nos parâmetros analisados, e determina o máximo de dispersão dos grupos, através do parâmetro de proteína. A 2ª função está relacionada com as cinzas e a 3ª função canônica está relacionada com o resíduo seco. Com base nesta análise, e pelo uso da distância generalizada de Mahalanobis (ver tabela 26 em anexo), é calculado um centróide estatístico para cada grupo formado pelos acessos de batata-doce. Assim, podemos definir um acesso que caracterize e sirva como referência do grupo em que está integrado. Este acesso é seleccionado por apresentar a menor distância do centro do grupo, calculado estatisticamente.

A figura 12 é uma representação gráfica da disposição relativa dos acessos de batata-doce analisados neste trabalho.

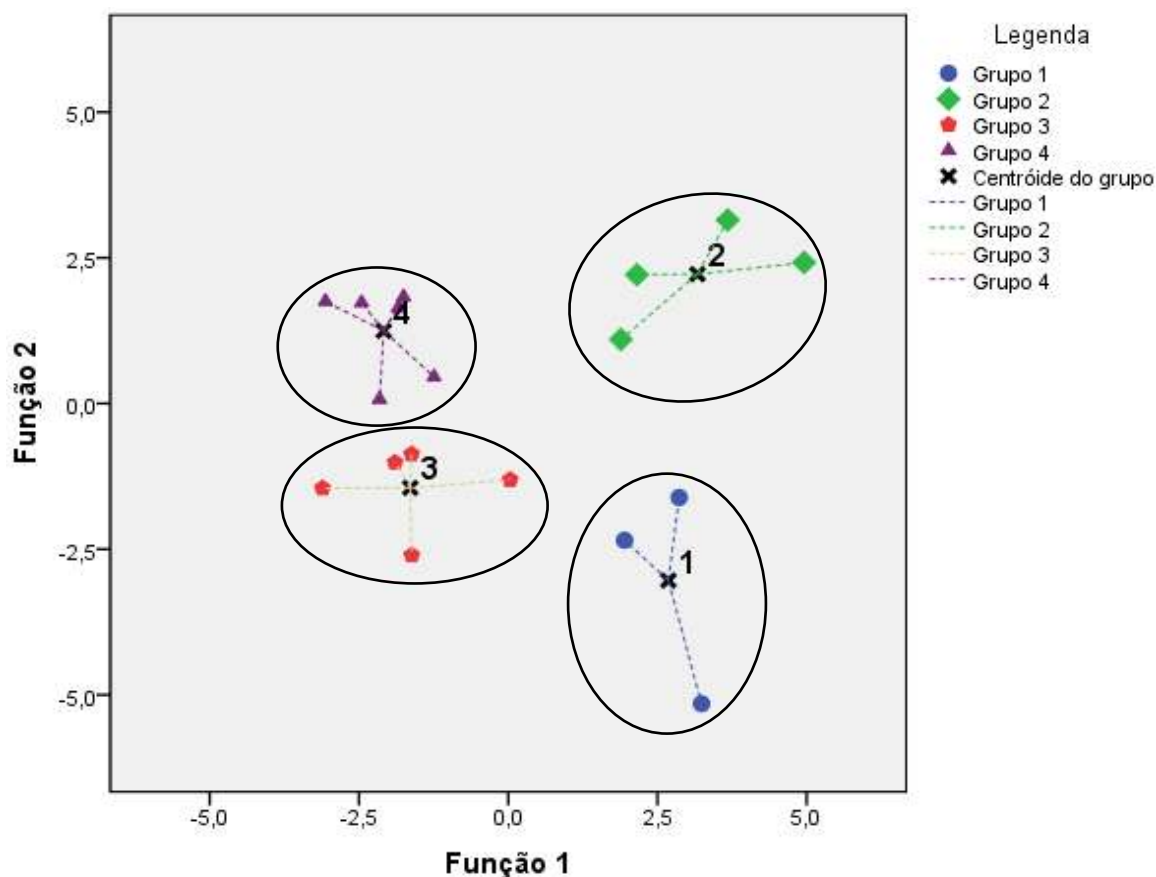


Figura 12 – Gráfico representativo do agrupamento dos 18 acessos de batata-doce segundo análise por PCOA, usando as funções canônicas 1 e 2 para determinar os valores dos centróides de cada grupo.

A interpretação da figura 12 permite identificar o acesso de batata-doce em cada grupo, que mais se aproxima do centróide calculado. Este acesso seleccionado representa o grupo em que se insere, funcionando como referência. Para o grupo 1, o acesso que mais se aproxima do centro do grupo é o 1036 “Brasileira”, para o grupo 2 o acesso 960-10 “Salmão”, para o grupo 3 o acesso 1005 “Da escura” e por fim para o grupo 4 o acesso 1021 “Preta”. Portanto, os valores dos parâmetros nutricionais e minerais referidos para estes acessos serão considerados como os valores representativos do grupo que se inserem.

As correlações entre parâmetros nutritivos e minerais foram analisadas para determinar quais os parâmetros que continham uma relação directa ou indirecta entre si. Usando novamente o SPSS 19.0, foi determinada a correlação bivariada de Pearson e o respectivo nível de significância (ver tabela 27 em anexo).

Tabela 19 – Valores significativos de correlações entre parâmetros nutritivos e minerais, usando uma correlação bivariada de Pearson que inclui o nível de significância. A estatística foi efectuada com o auxílio do programa SPSS 19.0.

		Resíduo seco	Cinzas	Fibra	Gordura bruta	Proteína	Açúcar solúvel	Amido	Zinco	Manganês
Fibra	C. de Pearson	VNS	0,727**	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS
	Sig.		0,001							
Gordura bruta	C. de Pearson	0,497*	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS
	Sig.	0,036								
Proteína	C. de Pearson	- 0,807**	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS
	Sig.	0,000								
Amido	C. de Pearson	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	- 0,648**	VNS	VNS	VNS
	Sig.						0,004			
Fósforo	C. de Pearson	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	-0,549*
	Sig.									0,018
Potássio	C. de Pearson	VNS	0,760**	0,596**	-0,504*	0,481*	VNS	VNS	VNS	0,651**
	Sig.		0,000	0,009	0,033	0,043				0,003
Cálcio	C. de Pearson	VNS	VNS	VNS	VNS	-0,495*	VNS	VNS	VNS	VNS
	Sig.					0,037				
Cobre	C. de Pearson	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	0,579*	VNS

	<i>Sig.</i>								0,012	
Zinco	<i>C. de Pearson</i>	-0,497*	VNS	VNS	-0,551*	0,641**	VNS	VNS	VNS	0,493*
	<i>Sig.</i>	0,036			0,018	0,004				0,038
Manganês	<i>C. de Pearson</i>	-0,575*	VNS	VNS	VNS	0,616*	VNS	VNS	VNS	VNS
	<i>Sig.</i>	0,013				0,007				
Boro	<i>C. de Pearson</i>	-0,481*	VNS	VNS	VNS	VNS	VNS	-0,513*	VNS	VNS
	<i>Sig.</i>	0,043						0,030		

VNS – Valores Não Significativos

* - A correlação é significativa a um nível de 0,05.

** - A correlação é significativa a um nível de 0,01.

A tabela 19 apresenta os valores da correlação de Pearson entre parâmetros nutricionais e minerais, podendo estes ser negativos ou positivos dependendo se a relação é indirecta ou directa, respectivamente. As correlações são consideradas significativas a 2 níveis, $p < 0,01$ e $p < 0,05$. A análise da tabela permite determinar que a fibra tem uma relação directamente proporcional com as cinzas. O resíduo seco tem uma correlação directa com a gordura bruta, e uma correlação negativa com a proteína, zinco, manganês e boro. A proteína possui uma correlação positiva com o potássio, cálcio, zinco e manganês. Para o amido, as correlações existentes são negativas para com o açúcar solúvel e boro. O potássio é directamente proporcional às cinzas, fibra e manganês, e indirectamente proporcional à gordura bruta. O zinco tem uma correlação positiva para com o cobre e manganês, e negativa com a gordura bruta. Por fim, o fósforo tem uma correlação inversa ou negativa com o manganês.

4.5 Doseamento de vitamina A. Optimização da técnica

A quantificação de vitamina A na farinha de batata-doce liofilizada, foi realizado utilizando o ISOP 1028 “De cenoura”. Esta batata-doce por apresentar uma cor de laranja no rizoma deverá ser rica em vitamina A, sendo que a cor é directamente proporcional á presença desta na amostra (Quirós [68]). Na batata-doce a vitamina pode estar representada por 3 carotenóides: β -caroteno, α -caroteno e β -criptoxantina. Na Figura 13 o cromatograma do HPLC apresenta o perfil de interacção dos padrões injectados na coluna apolar do HPLC.

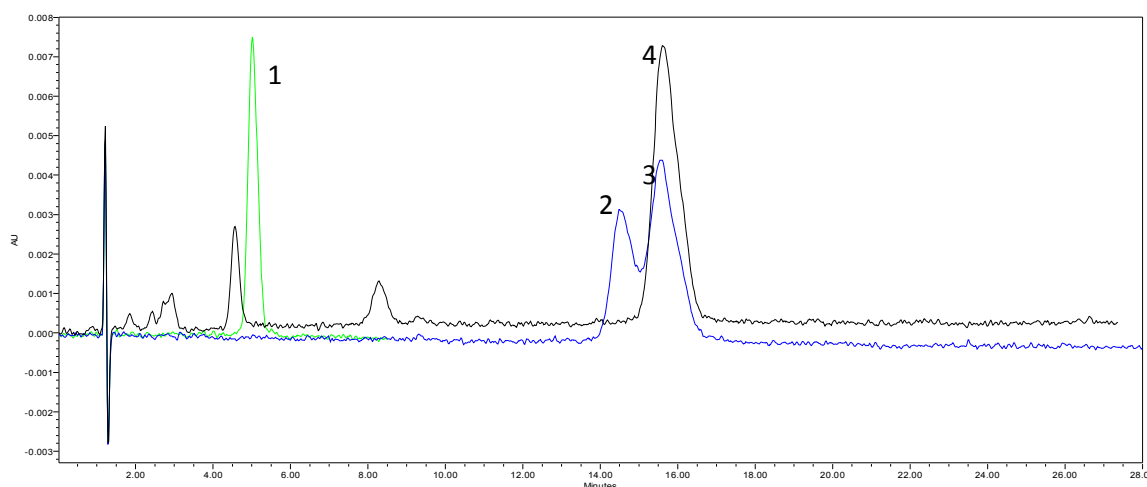


Figura 13 – Cromatograma representativo dos tempos de retenção de β -criptoxantina (1), α -caroteno mais β -caroteno (2 e 3 respectivamente) e do β -caroteno (4). No eixo dos yy encontra-se representado as unidades de absorção e no eixo dos xx o tempo que o padrão foi retido na coluna apolar do HPLC.

No cromatograma, o pico nº 1 representativo da β -criptoxantina é o padrão com menor tempo de retenção na coluna apolar utilizada, emergindo no detector ao fim de 5 minutos. O α -caroteno (2) é comercializado em conjunto com β -caroteno (3) denotando-se no cromatograma dois picos sobrepostos correspondente aos 2 tipos de β -caroteno injectado no aparelho HPLC. O α -caroteno surge no detector do HPLC aos 14 minutos (pico nº 2) e o β -caroteno aos 14 minutos e 30 segundos (picos nº 3 e 4). O padrão puro de β -caroteno foi necessário para fortificar a amostra para que fosse possível determinar a eficiência da extracção.

Na Figura 14, apresenta o cromatograma, que insere o padrão de β -caroteno (1) e o β -caroteno que foi extraído da amostra de farinha de batata-doce (2).

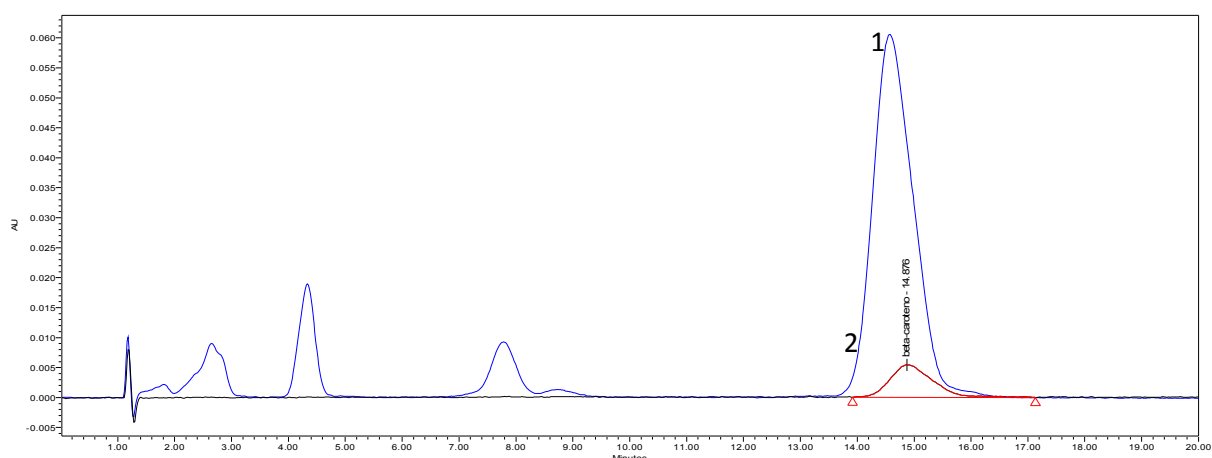


Figura 14 – Cromatograma em que se encontra representado o padrão de β -caroteno (1) e o β -caroteno extraído da farinha de batata-doce do ISOP 1028 “De cenoura” (2).

No cromatograma acima representado, o pico nº1 com um tempo de retenção de cerca de 15 min representa o padrão β -caroteno e com um tempo de retenção semelhante está presente o pico nº2 com menor intensidade, que representa o β -caroteno extraído do ISOP 1028 “De cenoura”.

A tabela 20 apresenta os valores da análise para o ISOP seleccionado, com o tempo de retenção do β -caroteno (padrão) e o respectivo desvio padrão. Também estão descritos os valores da quantidade de β -caroteno encontrado na amostra de batata-doce e o desvio padrão correspondente. Foi integrado também na tabela a percentagem média de recuperação obtida.

Tabela 20 – Valores obtidos na análise de β -caroteno do ISOP 1028 “De cenoura” através da técnica de HPLC. A % de recuperação foi efectuada para determinar a eficiência do processo de extracção.

ISOP	Nome do vernáculo	Tempo de retenção (min)	DP	Quantidade de β -caroteno (mg/100g de MS)	DP	% Recuperação	RAE ^a	% DDR*	
1028	“De Cenoura”	14,67	0,08	12,48	0,40	-----	1,04	H	M
								116	149
1028 + 500 μ L de β -caroteno (107mg/L)	“De Cenoura” fortificada	14,48	0,04	18,51	0,37	106,80	-----	-----	

* - Dose Diária Recomendada para homens (H) e mulheres (M), com idades compreendidas entre os 19 e 50 anos de idade.

a – Equivalentes de actividade de retinol calculado, em que 1 RAE = 12 β -caroteno.

O tempo de retenção do β -caroteno na amostra foi de 14,67 min, e quando a amostra foi fortificada com 0,5 mL de solução padrão de β -caroteno, numa concentração de 107 mg/L, este valor alterou-se para 14,48 min. Este carotenóide foi o único a contribuir para a quantidade de pro-vitamina A presente nesta variedade de batata-doce, pelo que na amostra não foi detectado α -caroteno e β -criptoxantina. A razão de fortificar a amostra com uma quantidade e concentração conhecida de padrão deve-se ao facto de testar se o processo que está a ser utilizado para extrair e quantificar é adequado. A quantidade determinada na amostra de farinha liofilizada de batata-doce, referente ao ISOP 1028 “De cenoura” foi de 12,48 mg/100g de MS, que corresponde a 116 % da DDR para homens e 149% para mulheres. Verifica-se então que o consumo de 87g e 67g de farinha de batata-doce, do ISOP 1028 “De cenoura”, contribui com 100% da dose diária recomendada, para homens e mulheres, respectivamente, suprimindo então toda a necessidade de vitamina A diária. Depois da fortificação este valor elevou para 18,51 mg/100g de MS em que este valor foi usado para determinar a % de recuperação, de modo a que fosse determinado a fiabilidade do procedimento experimental. A % de recuperação obtida foi de 106,8 %, sendo este valor próximo aos 100% podemos inferir que a quantidade total de padrão inserido no início da extracção foi completamente recuperada, indiciando que o processo de extracção adoptado foi ideal. Quando origina valores abaixo dos 100% podem ser indicadores de que o processo de extracção eleito é ineficaz para extrair o analito pretendido na matriz seleccionada. Grabowski [53] refere que os teores de β -caroteno oscilam entre 0,5 e 45 mg/100g de MS em rizomas variados de cor diversa. Simonne [48] determinou o teor de β -caroteno em 2 cultivares de batata-doce dos EUA, e encontrou valores na ordem dos 7,6 mg/100g em MS na Centennial e 5,8 mg/100g em MS para a Jewel. Huang [29] quantificaram a presença de β -caroteno em rizomas de batata-doce cor de laranja, e encontraram valores na ordem dos 6,7 a 13,1mg/100g em peso fresco. A bibliografia permite inferir que a quantidade de β -caroteno na cultivar “De Cenoura”, está dentro dos valores descritos, e que este ISOP seria uma boa escolha como fonte de vitamina A, por vezes limitada na alimentação humana.

4.6 Avaliação nutricional da batata-doce por NIRS

A técnica de espectroscopia, utilizando o aparelho da Foss NIR Systems 5000, foi utilizada na análise das farinhas das diferentes amostras de batata-doce. Apesar de esta tecnologia ser vastamente usada no mundo inteiro em inúmeras aplicações, é utilizada no sector agro-alimentar, para avaliar nutricionalmente os alimentos e caracterização de recursos genéticos (Chen [59]; Nicola [73]; Blanco [77]; Shiroma [79]). Este trabalho foi pioneiro na Universidade da Madeira, no uso desta tecnologia, para determinação nutricional em farinha liofilizada de batata-doce.

As 19 amostras de batata-doce, incluindo todos os ISOPs madeirenses, acessos açorianos e o ISOP “Inglesa” usado para testar o processamento em farinha, foram utilizadas para construir um modelo de previsão dos valores nutricionais estudados, para que futuramente possa ser previsto estes mesmos parâmetros sem ter de recorrer a técnicas laboratoriais morosas e ambientalmente ofensivas, como as técnicas de gravimetria.

Para determinar qual seria o tratamento matemático adequado para obter a melhor previsão foram testados 3 modelos, em que foram usados o PLS, o MPLS e o PCR. O modelo de previsão que usou o PLS foi o seleccionado para este trabalho, devido ao melhor ajustamento da linha de tendência aos pontos obtidos e por originarem um menor erro de calibração, validação cruzada e de previsão. O intervalo de comprimento de onda no NIR utilizado na análise foi de 1100 a 2500 nm, sendo as leituras efectuadas de 2 em 2 nm, originando um total de 700 pontos por leitura. A fim de reduzir os efeitos de difracção de luz, devido à diferença do tamanho das partículas que compõem as amostras de farinha analisadas, foi aplicado tratamento matemático, utilizando o SNVD. Como parte do processamento do modelo, foi efectuado uma análise por PCA para detectar outliers, que são amostras que se desviam do padrão normal de valores obtidos para a amostragem. Estes outliers são identificados quando a distância de Mahalanobis, entre um espectro médio do grupo de amostras já analisadas e um espectro de uma amostra que está a ser analisada, for superior a 3.

O modelo de previsão construído foi testado através de uma validação externa, em que amostras não usadas na calibração são previstas pelo modelo. Estas são avaliadas pelo valor de RSQ, obtido pela adição de uma linha de tendência e pelo valor de SEP, que origina um valor de erro para o modelo de previsão ao prever as amostras da validação externa.

Na figura 15, o gráfico que se encontra representado, caracteriza todas as leituras efectuadas para determinar o modelo de previsão dos constituintes nutricionais da batata-doce

estudados neste trabalho. O eixo das coordenadas é aqui representado pelo logaritmo de $1/\text{reflectância}$ e o eixo das abcissas representado pelo comprimento de onda em nanómetros, em que a amostra era irradiada.

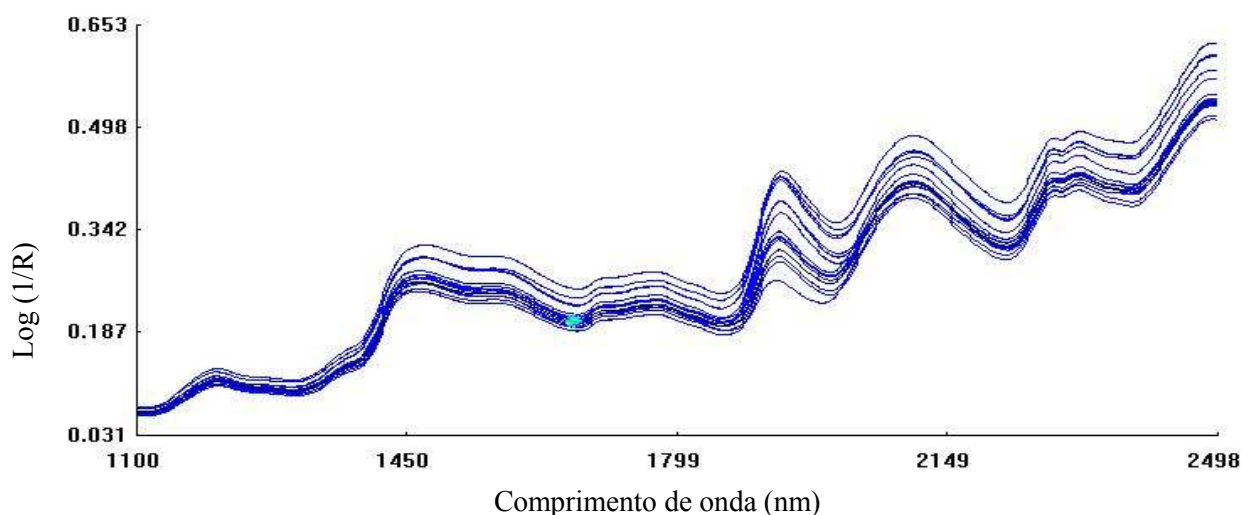


Figura 15 – Gráfico representativo de todas as amostras lidas pelo NIR para o modelo de previsão, em que a absorvância é identificada como Log de $1/R$, em que R é a reflectância, versus o comprimento de onda aplicado á amostra.

Todas as amostras têm comportamentos de absorvância similares nos comprimentos de onda rastreados, apenas diferindo na intensidade de absorção, o que as distingue pela maior ou menor quantidade dos constituintes nutricionais analisados. Esta é a relação base na quimiometria, quando introduzimos os valores obtidos em laboratório e o software estatístico os relaciona, com a variação da absorvância de cada amostra, para os vários comprimentos de onda.

Depois de efectuado os vários passos de calibração realizou-se uma validação externa do modelo de previsão, tendo sido obtidos gráficos para cada componente ou constituinte nutricional e calculados os valores de R^2 (correlação entre os pontos obtidos e uma linha de tendência) e do SEP (erro de previsão do modelo para a validação externa), que permitem determinar o melhor modelo. Todos os valores derivam da relação entre os valores determinados por gravimetria e os obtidos por quimiometria e previstos pelo NIRS. O modelo de previsão usou a regressão matemática PLS, em que se obteve os seguintes resultados.

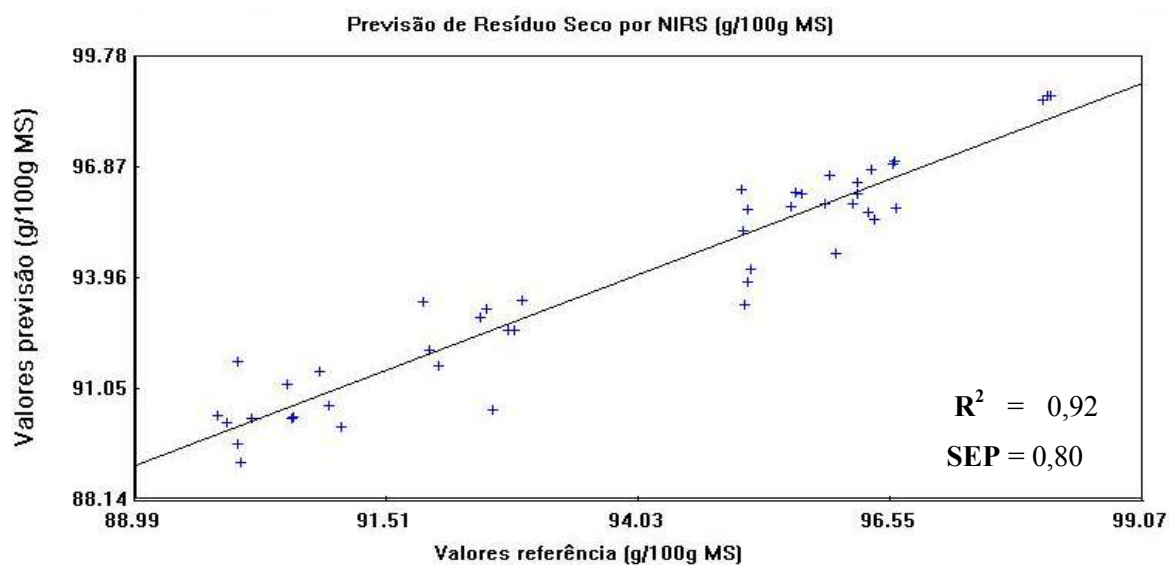


Figura 16 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para o resíduo seco.

Para a previsão de resíduo seco pelo NIRS, obteve-se um R^2 de 0,92 e um SEP de 0,80.

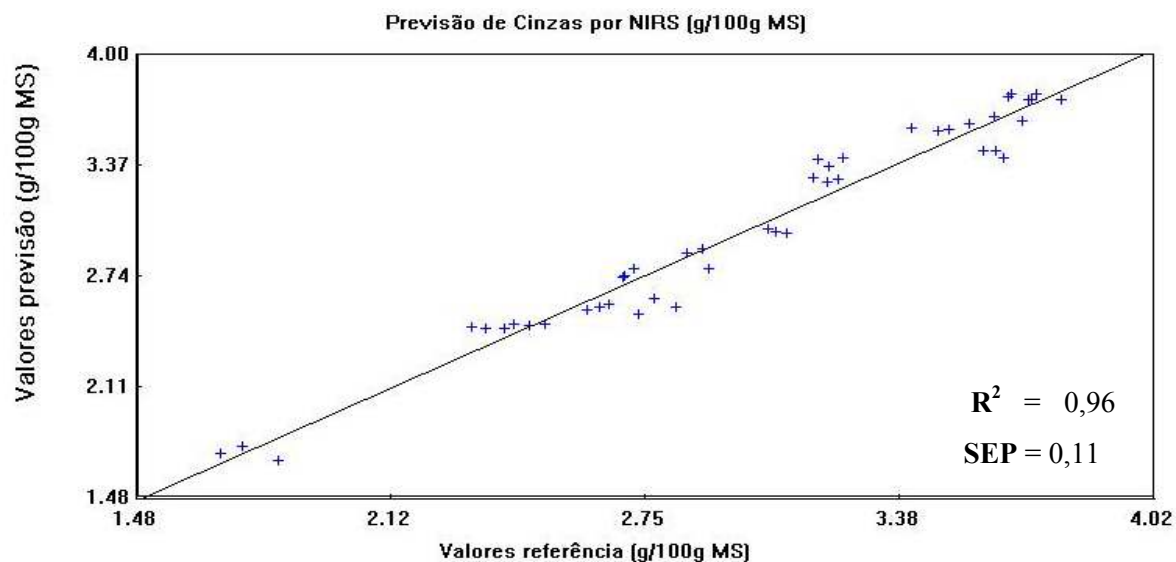


Figura 17 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para as cinzas ou resíduo mineral.

Para a previsão de cinzas pelo NIRS, obteve-se um R^2 de 0,96 com um SEP de 0,11.

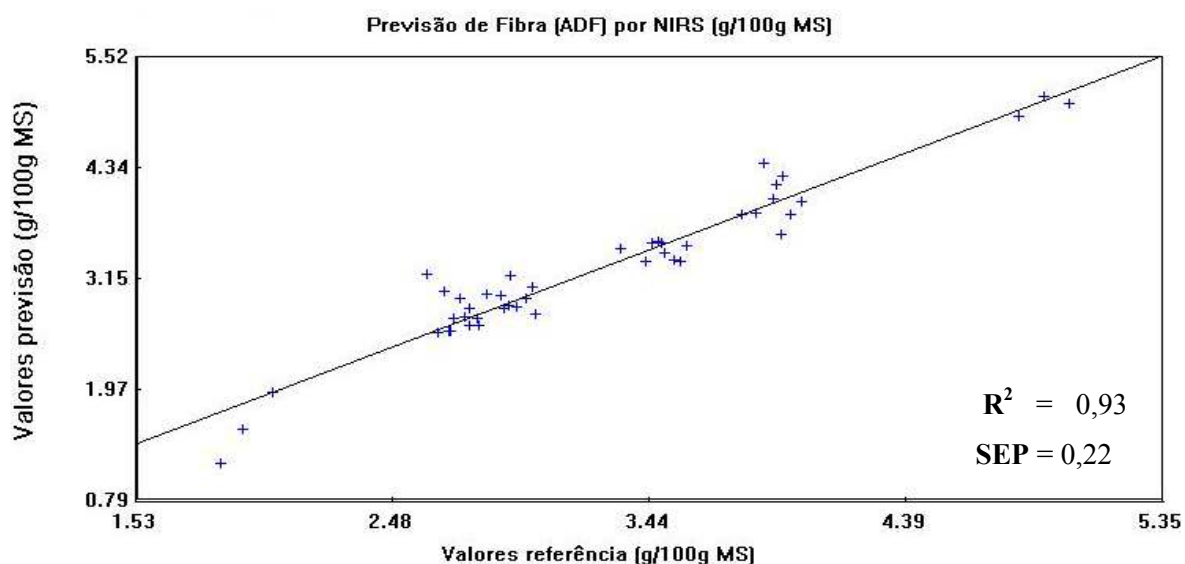


Figura 18 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para a fibra (ADF).

Na previsão de fibra (ADF) pelo NIRS, obteve-se um R^2 de 0,93 e um SEP de 0,22.

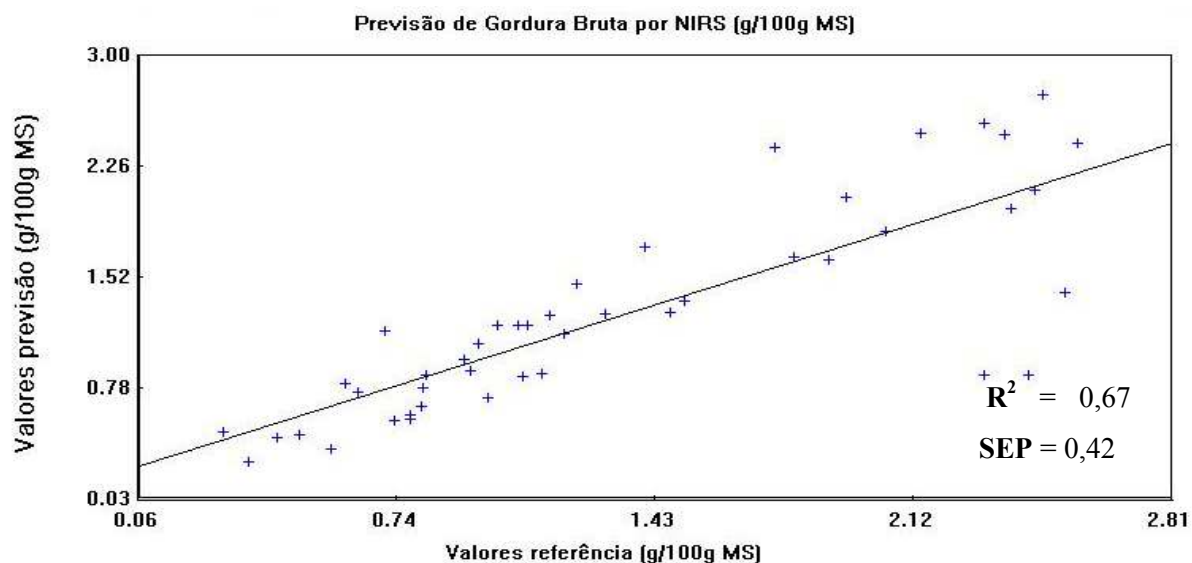


Figura 19 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para a gordura bruta.

Para a previsão de gordura bruta pelo NIRS, obteve-se um R^2 igual a 0,67 e um SEP de 0,42.

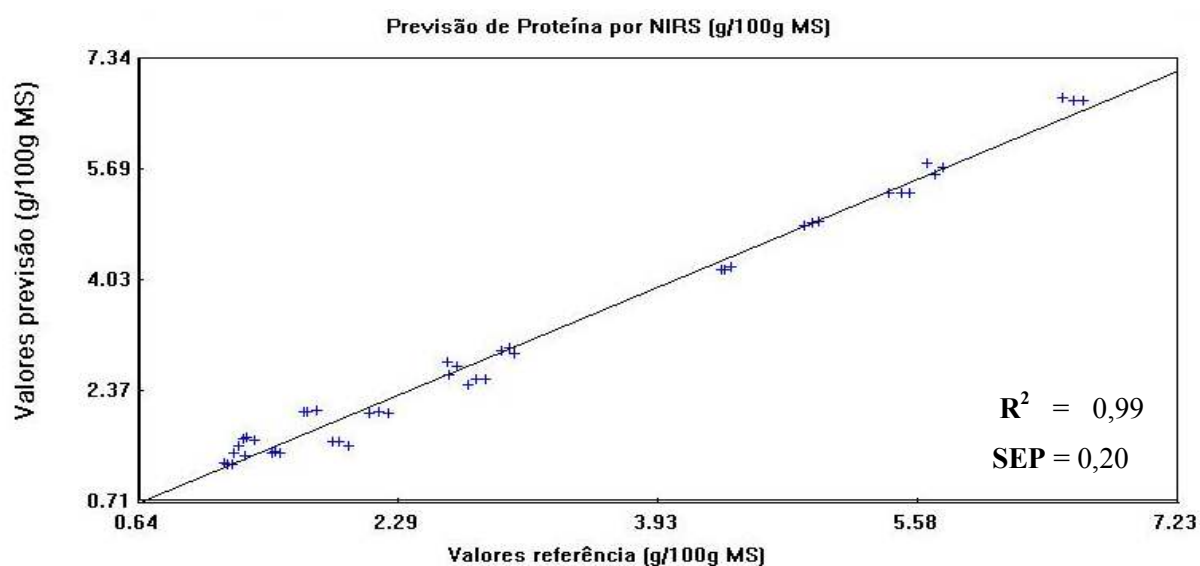


Figura 20 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para proteína.

Na previsão de proteína pelo NIRS, obteve-se um R^2 de 0,99 e de um SEP de 0,20.

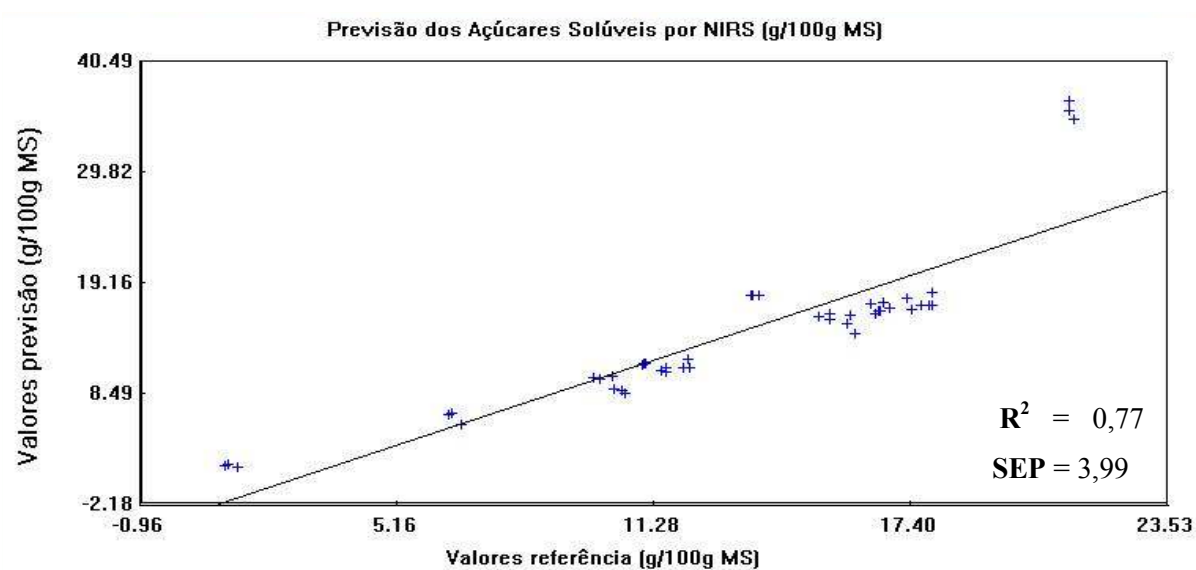


Figura 21 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos obtidos em laboratório para o açúcar solúvel.

Para a previsão dos açúcares solúveis pelo NIRS, obteve-se um R^2 de 0,77 e um SEP de 3,99.

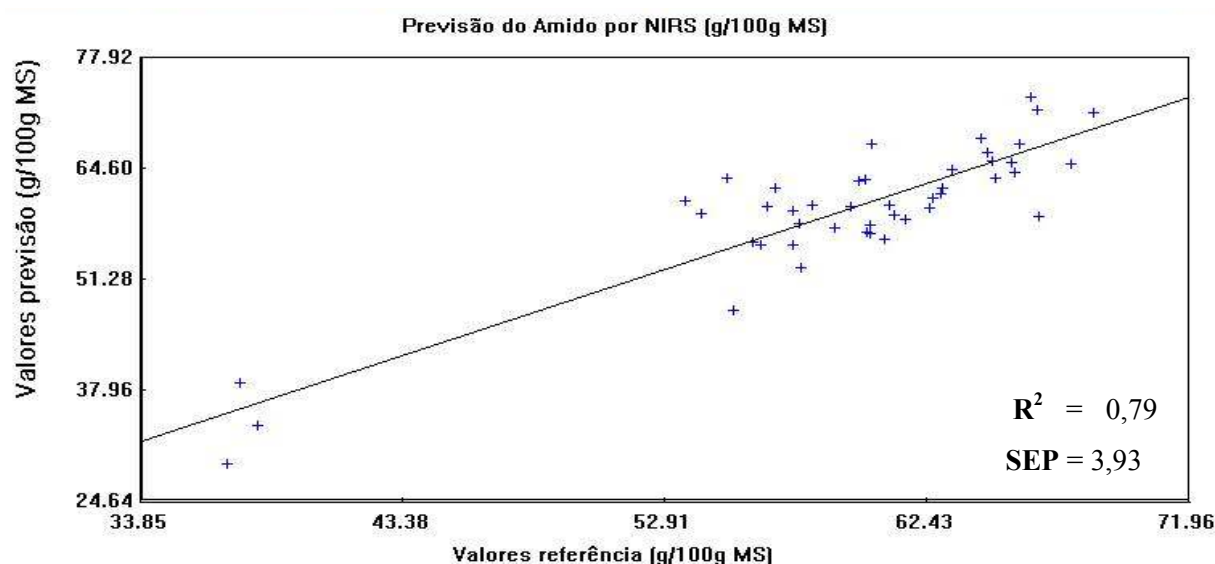


Figura 22 – Gráfico representativo da previsão do modelo efectuado versus os valores introduzidos, obtidos em laboratório para o amido.

Na previsão do amido pelo NIRS, obteve-se um R^2 de 0,79 com um SEP de 3,93.

É geralmente aceite modelos com valores de R^2 entre 0,66 a 0,81 para serem usados para triagem e previsões quantitativas. Modelos com valores R^2 entre 0,83 e 0,90 podem ser usados para muitas aplicações, e que valores entre 0,92 e 0,96 são aceitáveis para a maioria das aplicações que inclui o controlo de qualidade. Valores superiores aos referidos anteriormente podem ser utilizados em todas as aplicações (Almeida [76]).

Foi calculado a distância de Mahalanobis de cada espectro para o espectro médio do grupo. A remoção de outliers do espectro foi baseado na distância de Mahalanobis $H > 3$ do espectro médio do ficheiro, em que todos os valores que originassem um $H > 3$, eram retirados da previsão e considerados valores fora de padrão, no que não eram integrados no modelo (Lebot [8]). O valor de n representa o número de amostras, no que estes valores correspondem aos valores dos triplicados.

Tabela 21 – Valores obtidos na análise espectral das amostras de farinha de batata-doce no NIRS.

Constituintes	Calibração						Validação		
	n	Desvio Padrão (SD)	Outliers H > 3	R ² _{cv}	SECV	SEC	n	R ² _{prev}	SEP
Resíduo Seco	45	2,76	0	0,86	1,01	0,87	12	0,92	0,80
Cinzas	45	0,58	0	0,95	0,14	0,12	12	0,96	0,11
Fibra (ADF)	42	0,67	3	0,93	0,19	0,17	12	0,93	0,22
Gordura Bruta	42	0,65	3	0,81	0,30	0,25	12	0,67	0,42
Proteína	45	1,75	0	0,98	0,23	0,22	12	0,99	0,20
Açúcar Solúvel	42	4,81	3	0,90	1,54	1,51	12	0,77	3,99
Amido	45	8,60	0	0,67	5,04	4,27	12	0,79	3,93

Na tabela 21 encontra-se descrito os valores obtidos para a precisão do modelo de previsão construído no NIRS, com o auxílio do programa WinISI II. Através da validação externa, pode-se verificar a previsão do modelo construído com amostras que não foram utilizadas para a sua construção. O modelo de previsão dos parâmetros nutricionais de batata-doce demonstrou uma excelente previsão do valor proteico, pelo seu R²_{prev} ser de 0,99 e por ter um SEP baixo, valor este que indica o grau de erro, portanto quanto menor o valor de SEP, maior fiabilidade terá a previsão do parâmetro nutricional. O resíduo seco, fibra (ADF) e cinzas puderam ser previstos de modo muito bom, em que o R²_{prev} foi de 0,92, 0,93 e 0,96 respectivamente, em que os valores de SEP para estes parâmetros são baixos, gerando fiabilidade a estas previsões. Os parâmetros nutricionais de gordura bruta, açúcar solúvel e amido apresentam valores de R²_{prev} de 0,67, 0,77 e 0,79 respectivamente, no qual o valor de SEP para a gordura bruta é baixa, podendo a previsão deste parâmetro ser usada para previsões grosseiras. A previsão de açúcar solúvel e amido, devido ao seu elevado valor de SEP, não pode ser utilizado para previsão destes constituintes da amostra. Este impasse poderá ter ocorrido devido á falta de robustez para estes parâmetros, havendo então necessidade de aumentar o número de amostras para alcançar fiabilidade.

5 Conclusão

Na determinação da qualidade entre os processos de desidratação seleccionados, pode-se inferir que a liofilização é o método de desidratação que mantém a integridade da amostra, tendo sido então o processo seleccionado para transformação das amostras para análise. Este processo demonstrou também ser eficiente na manutenção da integridade da amostra, ao nível de prevenção de oxidação e perda nutricional.

Na análise nutricional efectuada aos diferentes acessos de batata-doce, os rizomas provindo da R. A. Madeira obtiveram valores médios mais elevados que os rizomas provindos da R. A. Açores, apenas com a excepção do valor proteico. Este facto demonstra que as variedades de batata-doce provindas da Madeira, são de um modo geral, ricas nutricionalmente, apesar de terem sido cultivadas sem adição de qualquer nutriente ou efectuada qualquer correcção ao solo. O baixo teor proteico pode ser devido á pouca disponibilidade de azoto no solo, podendo este problema ser ultrapassado com a adição de adubo orgânico ou um fertilizante químico para uma agricultura convencional. Na análise da composição mineral, os acessos de batata-doce açorianos detêm, numa média global, os valores mais elevados de fósforo, potássio, ferro zinco e manganês. O cálcio e boro estão presentes em maior quantidade nos rizomas provindos da Madeira. Para o cobre foi obtido o mesmo valor médio e para o magnésio não foram determinadas médias devido á baixa quantidade presente em todos os rizomas provenientes das 2 regiões. Os valores obtidos estão de acordo com bibliografia consultada, (Jangchud [21]; Ravindran [23]; Grabowski [53]; Bradbury [90]).

Na determinação da actividade de pro-vitamina A no ISOP 1028 “De cenoura” pode ser concluído que este rizoma é uma boa fonte de β -caroteno, no que apresentou 12,48 mg/100g de MS deste carotenóide, correspondendo a 116% da DDR para homens e 149% da DDR para mulheres, com idades compreendidas entre os 19 e 50 anos de idade. Convertendo este valor para unidades de retinol, resulta em 1,04mg de retinol. Esta medida representa a unidade básica de quantificação de vitamina A presente num alimento. Os valores determinados neste trabalho encontram-se de acordo com os trabalhos de Simonne [48] e Grabowski [53] e a análise por HPLC a este carotenóide mostrou-se reprodutível, abrindo as portas a um método de avaliação nutricional de carácter anti-oxidante com enorme importância alimentar e nutracêutico. Esta variedade demonstrou ser então capaz de suprir as

necessidades de vitamina A, podendo então ser integrado em produtos alimentares apelativos, tanto pela cor que apresenta como pela contribuição nutritiva.

Na construção de modelos de previsão para os parâmetros nutricionais analisados neste trabalho, usando a técnica NIRS com o recurso à validação externa, determinou-se que a proteína, fibra, cinzas e resíduo seco podem ser previstos com algum grau de fiabilidade, enquanto a gordura bruta, açúcares solúveis e amido não produziram previsões que assegurem a certeza dos resultados obtidos. O método PLS com SNVD mostrou ser eficaz na produção de equações de previsão para os parâmetros analisados.

No recurso a testes estatísticos, nomeadamente a uma análise multivariada, usou-se o MVSP 3.1, em que foi determinado 4 grupos distintos de acessos de batata-doce, separados pelos seus valores nutricionais e minerais. Este agrupamento não diferenciou totalmente as variedades de batata-doce provinda da Madeira e Açores, demonstrando similaridade entre valores nutricionais e minerais nestes acessos analisados.

Para demonstrar a diversidade existente entre valores nutricionais e minerais entre variedades de batata-doce, foi integrado neste estudo valores encontrados em bibliografia, de modo a serem comparados. As regiões seleccionadas para a comparação são ilhas e incluem Sri Lanka e algumas ilhas do Pacífico (Salomão, Tonga, PNG, Samoa e Fiji). Pela análise estatística efectuada pode ser concluído que, de uma forma geral, estes recursos genéticos são distintos entre si, evidenciando a individualidade destes recursos presente nas diferentes regiões.

Para a determinação de *traits*, ou seja, de caracteres nutricionais ou minerais que possam distinguir variedades ou acessos de batata-doce, foi utilizado o teste estatístico ANOVA One-Way. Este teste demonstrou que para um nível de significância a 0,05, os caracteres correspondentes ao resíduo seco, cinzas, fibra, proteína, potássio e manganês podem ser utilizados para distinguir variedades de batata-doce, ou seja, são parâmetros que diferenciam as diversas variedades.

6 Perspectivas futuras

Na realização deste trabalho notou-se que é necessário um estudo mais aprofundado sobre os recursos agrícolas, nomeadamente às variedades de batata-doce pertencentes à Região Autónoma da Madeira como também a outras variedades presentes nas regiões que integram a Macaronésia. Esta necessidade visa comparar e estudar as variações genéticas representativas de cada variedade, através da variação nutricional. Na sequência deste estudo seria construído uma base de dados que caracteriza-se nutricionalmente cada variedade existente e que interligasse com variações morfológicas presentes na batata-doce, de modo a correlacionar estas duas variantes.

Seria também importante que depois de identificadas as variedades existentes de batata-doce, fosse efectuado testes de desenvolvimento das plantas e de composição nutricional do rizoma face a diferentes factores edafo-climáticos e compará-los com variedades certificadas de batata-doce, em que ambos seriam cultivados nas mesmas condições, concluindo qual a resistência que as variedades regionais possuem.

Com o intuito de ter um modelo de previsão de parâmetros nutricionais para avaliar rizomas de batata-doce, seriam integrados todos os valores adquiridos das análises efectuadas, e seria então desenvolvido uma equação de previsão para cada parâmetro nutricional com uma enorme robustez, em que o modelo seria capaz de analisar qualquer variedade de batata-doce com o máximo de precisão.

Deve também ser efectuado um estudo em que fosse avaliado a contribuição de carotenóides que diversas variedades de batata-doce apresentam, determinando assim a quantidade de vitamina A disponível. A quantidade de vitamina C nas variedades de batata-doce devem também ser estudadas, porque estas farinhas podem ser integradas em produtos processados, aumentando assim o nível de vitaminas naturalmente presente, aumentando assim a riqueza nutricional do produto.

7 Bibliografia

1. Chalker-Scott L. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochem Photobiol* 1999; 70 (1): 1–9.
2. Tudela J, Espín J, Gil M. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. *PostHarvest Biol Tec* 2002; 26: 75–84.
3. Winkel-Shirley B. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Curr Opin Plant Biol* 2002; 5: 218–223.
4. Thottappilly G. Introductory remarks. In: Loebenstein G, Thottappilly G, editors. *The Sweetpotato*. Netherlands: Springer, 2009. p. 3–7.
5. Loebenstein G. Origin, distribution and economic importance. In: Loebenstein G, Thottappilly G, editors. *The Sweetpotato*. Netherlands: Springer, 2009. p. 9–12.
6. CIP. International Potato Centre, <http://www.cipotato.org/sweetpotato>. Acesso a 13 de Janeiro, 2011.
7. Rossel G, Kriegner A, Zhang D. From latin America to Oceania: The Historic dispersal of sweetpotato re-examined using AFLP. *CIP program report* 1999/2000; 315–321.
8. Lebot V. Sweetpotato. In: Lebot V, editor. *Tuber crops: sweetpotato, yams and aroids*. Oxfordshire: CAB International, 2009. p.89–179.
9. Nishiyama I. Evolution and domestication of the sweetpotato. *Botanical Magazine* 1971; 84: 377–387.
10. Singh S, Riar C, Saxena D. Effect of incorporating sweetpotato flour to wheat flour on the quality characteristics of cookies. *Afr J Food Sci* 2008; 2: 65–72.
11. Vieira R. Sistema de Informação Rural, http://www.sir-madeira.org/WebRoot/Sir/Shops/sir-madeira/4725/C3B6/87D4/8410/FCAD/C0A8/000A/04AB/Microsoft_Word_0020_-0020_Batata_0020_doce.pdf. Acesso a 20 de Março, 2011.
12. DREM. Direcção Regional de Estatística da Madeira, http://estatistica.gov-madeira.pt/DRE_SRPC/IndicadoresEstatisticos/Agricultura_Floresta_Pescas/Agricultura_Floresta/Dados_Estatisticos/producoesestimadas2010.htm. Acesso a 03 de Agosto, 2011.
13. Woolfe J. Sweetpotato past and present. In: Woolfe J, editor. *Sweet potato: an untapped food resource*. Great Britain: Cambridge University Press, 1992. p.15–40.
14. Turland N. Convolvulaceae. In: Press J, Short M, editors. *Flora of Madeira*. Suffolk: St. Edmundsbury Press Ltd., 1994. p. 266–271.

15. Tanaka M, Takahata Y, Nakatani M. Analysis of genes developmentally regulated during storage root formation of sweetpotato. *J Plant Physiol* 2005; 162: 91–102.
16. Cabral G, Carvalho L. Analyses of proteins associated with storage root formation in cassava using two-dimensional gel electrophoresis. *Braz J Plant Physiol* 2001; 13 (1): 41–48.
17. Chang S, Lin P, Chen H, Wu J, Juang R. The isolation and characterization of Chaperonin 60 from sweetpotato roots - Involvement of the Chaperonins in starch biosynthesis. *Bot Bull Acad Sin* 2000; 41: 105–111.
18. Olukungle O. Nutritive potencial of sweetpotato peel meal and root replacement value for maize in diets of african catfish (*Clarias gariepinus*) advanced fry. *J Food Tec* 2006; 4 (4): 289–293.
19. Ekanayake I, Collins W. Effect of irrigation on sweetpotato root carbohydrates and nitrogenous compounds. *J Food Agric Environ* 2004; 2 (1): 243–248.
20. Hal M. Quality of sweetpotato flour during processing and storage. *Food Rev Int* 2000; 16 (1): 1–37.
21. Jangchud K, Phimolsiripol Y, Haruthaithanasan V. Physicochemical properties of sweetpotato flour and starch as affected by blanching and processing. *Starch* 2003; 55: 258–264.
22. Oliveira D, Reis K, Pereira J. Produção de farinha de batata utilizando secagem ao Sol. *Braz J Stor* 2006; 31 (2): 125–135.
23. Ravindran V, Ravindran G, Sivakanesan R, Rajaguru S. Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). *J Agric Food Chem* 1995; 43 (10): 2646–2651.
24. Navarra T, Shankin-Cohen W. The encyclopedia of vitamins, minerals and supplements. New York: Facts On File Inc., 2004. p. 125–126.
25. WHO. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. Bangkok: World Health Organization Edition, 2004. p. 17–272.
26. Trumbo P, Schlicker S, Yates A, Poos M. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. *ADA* 2002; 102 (11): 1621–1630.
27. Decreto - Lei n.º 54/2010. “D. R. Série I” 104, <http://dre.pt/pdf1sdip/2010/05/10400/0184201847.pdf>. Acesso a 20 de Junho, 2011.
28. FAO. Food energy – methods of analysis and conversion factors, <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/y5022e/y5022e00.pdf>. Acesso a 03 de Julho, 2011.

29. Huang A, Tanudjaja L, Lum D. Content of alpha-, beta-carotene, and dietary fiber in 18 sweetpotato varieties grown in Hawaii. *J food compos anal* 1999; 12: 147–151.
30. AACC. Definition of Dietary Fiber, <http://www.aaccnet.org/definitions/default.asp>. Acesso a 17 de Fevereiro, 2011.
31. Morris E. Assembly and rheology of non-starch polysaccharides. In: McCleary B, Prosky L, editors. *Advanced dietary fibre technology*. Oxford: Blackwell Science Ltd., 2001. p. 30–41.
32. Kritchevsky D. Dietary fibre in health and disease. In: McCleary B, Prosky L, editors. *Advanced dietary fibre technology*. Oxford: Blackwell Science Ltd., 2001. p. 147–161.
33. McPherson J. Dietary fiber-A perspective. In: Spiller G, editor. *Handbook of dietary fiber in human nutrition*. Boca Raton: CRC press, 1992. p. 7–14.
34. Van Soest J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds, II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *AOAC* 1963; 46: 829–835.
35. Faithfull N. *Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook*. New York: CABI Publishing, 2002. p. 20–22.
36. Peña M, Vergara C, Carpita N. The structures and architectures of plant cell walls define dietary fibre composition and the textures of foods. In: McCleary B, Prosky L, editors. *Advanced dietary fibre technology*. Oxford: Blackwell Science Ltd., 2001. p. 42–60.
37. Van Soest P, Wine R. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds, IV. Determination of plant cell-wall constituents. *AOAC* 1967; 50: 50–55.
38. Prosky L. What is dietary fibre? A new look at the definition. In: McCleary B, Prosky L, editors. *Advanced Dietary Fibre Technology*. Oxford: Blackwell Science Ltd., 2001. p. 61–76.
39. Iverson S, Lang S, Cooper M. Comparison of the Bligh and Dyer and Folch methods for total lipid determination in a broad range of marine tissue. *Lipids* 2001; 36 (11): 1283–1287.
40. Smedes F, Thomasen T. Evaluation of the Bligh & Dyer lipid determination method. *Mar Pollut Bull* 1996; 32 (8/9): 681–688.
41. Folch J, Lees M, Stanley S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Biol Chem* 1956; 497–509.
42. Bligh E, Dyer W. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian J Biochem Physiol* 1959; 37: 911–917.
43. Tunick M. Selection of techniques used in food analysis. In: Ötles S, editor. *Methods of Analysis of Food Components and Additives*. Turkey: Taylor & Francis Group, 2005. p. 1–14.

44. Ali A, Javad L. Study on variation of potato varieties using electrophoretic tuber storage proteins. *J Biol Sci* 2007; 10 (18): 3195–3199.
45. Toyama J, Yoshimoto M, Yamakawa O. Selection of sweetpotato lines with high protein content and/or low trypsin inhibitor activity. *Breed Sci* 2006; 56: 17–23.
46. Walter W, Collins W, Purcell A. Sweetpotato protein: A review. *J Agric Food Chem* 1984; 32 (4): 695–699.
47. Yeh K, Chen J, Lin M, Chen Y, Lin C. Functional activity of sporamin from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.): A tuber storage protein with trypsin inhibitory activity. *Plant Mol Biol* 1997; 33: 565–570.
48. Simonne A, Simonne E, Eitenmiller R, Mills H, Cresman C. Could the Dumas method replace the Kjeldahl digestion for nitrogen and crude protein determinations in foods? *J Sci Food Agric* 1997; 73: 39–45.
49. LabConco. A guide to Kjeldahl nitrogen determination methods and apparatus, <http://www.expotechusa.com/catalogs/labconco/pdf/KJELDAHLguide.PDF>. Acesso a 2 de Fevereiro, 2011.
50. Salo-Väänänen P, Koivistoinen P. Determination of protein in foods: comparison of net protein and crude protein (Nx 6.25) values. *Food Chem* 1996; 57 (1): 27–31.
51. Walter W, Catignani G. Biological quality and composition of sweetpotato protein fractions. *J Agric Food Chem* 1981; 29 (4): 797–799.
52. Walter W, Catignani G, Yow L, Porter D. Protein nutritional value of sweetpotato flour. *J Agric Food Chem* 1983; 31 (5): 947–949.
53. Grabowski J, Truong V, Daubert C. Nutritional and rheological characterization of spray dried sweetpotato powder. *LWT-Food Sci Tec* 2007; 41: 206–216.
54. Sadasivam S, Manickam A. *Biochemical Methods*. New Delhi: New Age International Publishers, 1996. p. 1–21.
55. Brummer Y, Cui S. Understanding carbohydrate analysis. In: Cui S, editor. *Food carbohydrates: Chemistry, physical properties, and applications*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2005. p. 67–104.
56. Izydorczyk M. Understanding the chemistry of food carbohydrates. In: Cui S, editor. *Food carbohydrates: Chemistry, physical properties, and applications*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2005. p. 1–66.
57. Beroard J. A note on sugar determination by the anthrone method. *Station de Biochimie et Physico-Chimie des Céréales* 1975; 52: 857–860.

58. Dreywood R. Qualitative test for carbohydrate material. Paper Service Department 1946; 499.
59. Chen Z. Physicochemical properties of sweet potato starches and their application in noodle products. The Netherlands: Wageningen University 2003.
60. Stick R. Carbohydrates, The sweet molecules of life. California: Academic Press, 2001. p. 213–222.
61. Weston A, Brown P. HPLC and CE: fundamentals and applications. California: Academic Press, 1997. p. 1–130.
62. Dong M. Modern HPLC for practicing scientists. Massachusetts: Wiley-Interscience, 2006. p. 1–110.
63. Davey M, Keulemans J, Swennen R. Methods for the efficient quantification of fruit provitamin A contents. J Chromatogr A 2006; 1136: 176–184.
64. Eitenmiller R, Ye L, Landen W. Vitamin analysis for the health and food sciences. New York: Taylor & Francis Group, 2008. p. 3–68.
65. McCollum E, Davis M. The necessity of certain lipids in the diet during growth. J Biol Chem 1913; 167–175.
66. McCollum E, Simmonds N, Pitz W. The relation of the unidentified dietary factors, the fat-soluble A, and water-soluble B, of the diet to the growth-promoting properties of milk. J Biol Chem 1917; 27–33.
67. Dini I, Tenore G, Dini A. Saponins in *Ipomoea batatas* tubers: Isolation, characterization, quantification and antioxidant properties. Food Chem 2009; 113: 411–419.
68. Quirós A, Costa H. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. J Food Compos Anal 2006; 19: 97–111.
69. Fraser P, Bramley P. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. Prog Lipid Res 2004; 43: 228–265.
70. Bhaskarachary K, Rao D, Deosthale Y, Redd V. Carotene content of some common and less familiar foods of plant origin. Food Chem 1995; 54: 189–193.
71. Oliver J, Palou A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. J Chromatogr A 2000; 881: 543–555.
72. Liu S, Lin J, Yang D. Determination of cis- and trans, α - and β -carotenoids in Taiwanese sweetpotatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) harvested at various times. Food Chem 2009; 116: 605–610.

73. Nicola B, Beullens K, Bobelyn E, Peirs A, Saeys W, Theron K. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biol Tec* 2007; 46: 99–118.
74. Prevolnik M, Candek-Potocar M, Skorjanc D. Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality: A review. *J Anim Sci* 2004; 49 (11): 500–510.
75. Workman J, Weyer L. Practical guide to interpretive near-infrared spectroscopy. New York: Taylor & Francis Group, 2008. p. 1–21.
76. Almeida F. Espectroscopia de infravermelho próximo com Transformada de Fourier (FT-NIR) na caracterização de farinhas para alimentação pueril. Lisboa: Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2009.
77. Blanco M, Villarroya I. NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool. *Trend Anal Chem* 2002; 21 (4): 240–250.
78. Osborne B. Near-infrared spectroscopy in food analysis. In: Meyers R, editor. *Encyclopedia of Analytical Chemistry Applications - Theory and Instrumentation*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2000. p. 1–13.
79. Shiroma C, Rodriguez-Saona L. Application of NIR and MIR spectroscopy in quality control of potato chips. *J Food Compos Anal* 2009; 22: 596–605.
80. Jennings T. Lyophilization: Introduction and basic principles. New York: Informa Healthcare USA, Inc., 2008. p. 1–55.
81. AOAC. Determination of moisture in food samples, method 925.10. In *Official Methods of Analysis*, 17th Ed. Gaithersburg: AOAC International, 2000.
82. Determinação do teor de cinza em cereais e leguminosas, NP 518:1986.
83. Temminghoff E, Houba V. *Plant analysis procedures*. London: Kluwer Academic Publishers, 2004.
84. Dintzis F. Dietary fiber analysis – Concepts and problems. In: Lineback D, Inglett G, editors. *Food carbohyd*. Westport: AVI Pub. Co., 1982. p. 312–332.
85. AOAC. Fiber (acid detergent) and lignin in animal feed, method 973.18. In: *Official Methods of Analysis*, 15th Edition. Gaithersburg: AOAC International, 1990.
86. AOAC. Nitrogen (total/crude protein) in plants, method 978.04. In: *Official methods of analysis*, 18th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.
87. McCready M, Guggols J, Silviera V, Owens S. Determination of starch and amylose in vegetables. *Anal Chem* 1950; 22 (9): 1156–1158.
88. Bailey R. The reaction of pentoses with anthrone. *Biochem J*. 1958; 68: 669–672.

- 89.** Hodge J, Hofreiter B. Analysis and preparation of sugars. In: WhistlerR, Be Miller J, editors. *Methods in Carbohydrate Chemistry*. New York: Academic Press, 1962. p. 356–378.
- 90.** Bradbury J, Holloway W. *Chemistry of tropical root crops: Significance for nutrition and agriculture in the Pacific*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1988. p 51–55.
- 91.** Yates A, Schlicker S, Suitor C. Dietary reference intakes: The new basis for recommendations for calcium and related nutrients, B vitamins, and choline. *J ADA*. 1998; 98 (6): 699–706.

8 Anexos

Tabela 22 – Resultados obtidos através do SPSS 19.0 para o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov Z.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test																
	Acucares Soluveis	Amido	Cinzas	Fibra	Gordura Bruta	Proteína	Residuo Seco	Fosforo	Potassio	Calcio	Ferro	Cobre	Zinco	Manganes	Boro	
N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Normal Parameters a,b	Mean 13,9987	Mean 59,7179	Mean 3,0107	Mean 3,1852	Mean 1,2063	Mean 3,1945	Mean 93,6389	Mean 0,1223	Mean 1,4867	Mean 0,0967	Mean 0,0019	Mean 0,0003	Mean 0,0007	Mean 0,0005	Mean 0,0005	Mean 0,0005
	Std. Deviation 7,1640	Std. Deviation 7,7196	Std. Deviation 0,5469	Std. Deviation 0,7605	Std. Deviation 0,6063	Std. Deviation 1,7925	Std. Deviation 2,5602	Std. Deviation 0,0433	Std. Deviation 0,4707	Std. Deviation 0,0346	Std. Deviation 0,0007	Std. Deviation 0,0001	Std. Deviation 0,0002	Std. Deviation 0,0005	Std. Deviation 0,0004	Std. Deviation 0,0004
Most Extreme Differences	Absolute Positive 0,2360	Absolute Positive 0,1850	Absolute Positive 0,0940	Absolute Positive 0,1370	Absolute Positive 0,1970	Absolute Positive 0,1810	Absolute Positive 0,1720	Absolute Positive 0,1720	Absolute Positive 0,1440	Absolute Positive 0,1850	Absolute Positive 0,2330	Absolute Positive 0,2870	Absolute Positive 0,1650	Absolute Positive 0,2310	Absolute Positive 0,2960	Absolute Positive 0,2960
	Absolute Negative -0,1210	Absolute Negative -0,1850	Absolute Negative -0,0940	Absolute Negative -0,1150	Absolute Negative -0,1000	Absolute Negative -0,1410	Absolute Negative -0,1720	Absolute Negative -0,1720	Absolute Negative -0,1380	Absolute Negative -0,1100	Absolute Negative -0,1510	Absolute Negative -0,1600	Absolute Negative -0,1580	Absolute Negative -0,2070	Absolute Negative -0,1930	Absolute Negative -0,1930
Kolmogorov-Smirnov Z	1,0000	0,7850	0,4000	0,5800	0,8360	0,7680	0,7300	0,7300	0,6090	0,7840	0,9870	1,2190	0,7010	0,9800	1,2560	1,2560
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,2700	0,5690	0,9970	0,8900	0,4870	0,5960	0,6600	0,6610	0,8520	0,5700	0,2840	0,1020	0,7100	0,2920	0,0850	0,0850

a – Test distribution is Normal

b – Calculated from data

Tabela 23 – Teste ANOVA One-Way utilizando o SPSS 19.0 em amostras de distribuição normal.

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
AcucaresSolueis	Between Groups	64,562	3	21,521	0,373	0,774
	Within Groups	807,926	14	57,709		
	Total	872,488	17			
Amido	Between Groups	203,331	3	67,777	1,172	0,356
	Within Groups	809,726	14	57,838		
	Total	1013,057	17			
Cinzas	Between Groups	3,741	3	1,247	12,996	0,000
	Within Groups	1,343	14	0,096		
	Total	5,085	17			
Fibra	Between Groups	5,637	3	1,879	6,270	0,006
	Within Groups	4,196	14	0,300		
	Total	9,833	17			
GorduraBruta	Between Groups	3,345	3	1,115	5,375	0,011
	Within Groups	2,904	14	0,207		
	Total	6,249	17			
Proteina	Between Groups	46,844	3	15,615	28,107	0,000
	Within Groups	7,778	14	0,556		
	Total	54,622	17			
ResiduoSeco	Between Groups	80,566	3	26,855	12,181	0,000
	Within Groups	30,867	14	2,205		
	Total	111,432	17			
Fosforo	Between Groups	0,009	3	0,003	1,832	0,188
	Within Groups	0,023	14	0,002		
	Total	0,032	17			
Potassio	Between Groups	2,994	3	0,998	18,059	0,000
	Within Groups	0,774	14	0,055		
	Total	3,767	17			
Calcio	Between Groups	0,002	3	0,001	0,650	0,596
	Within Groups	0,018	14	0,001		
	Total	0,020	17			
Ferro	Between Groups	0,000	3	0,000	0,371	0,775
	Within Groups	0,000	14	0,000		
	Total	0,000	17			
Cobre	Between Groups	0,000	3	0,000	1,984	0,163
	Within Groups	0,000	14	0,000		

	Total	0,000	17			
Zinco	Between Groups	0,000	3	0,000	6,410	0,006
	Within Groups	0,000	14	0,000		
	Total	0,000	17			
Manganes	Between Groups	0,000	3	0,000	7,965	0,002
	Within Groups	0,000	14	0,000		
	Total	0,000	17			
Boro	Between Groups	0,000	3	0,000	1,962	0,166
	Within Groups	0,000	14	0,000		
	Total	0,000	17			

Tabela 24 – Múltiplas comparações entre grupos para os diferentes parâmetros, utilizando o teste de Tukey HSD no SPSS 19.0.

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
AcucaresSolueis	1	2	-5,9554	5,8020	0,737	-22,8194	10,9086
		3	-4,5388	5,5478	0,845	-20,6638	11,5863
		4	-3,8846	5,3716	0,886	-19,4976	11,7284
	2	1	5,9554	5,8020	0,737	-10,9086	22,8194
		3	1,4166	5,0960	0,992	-13,3952	16,2284
		4	2,0708	4,9036	0,974	-12,1819	16,3235
	3	1	4,5388	5,5478	0,845	-11,5863	20,6638
		2	-1,4166	5,0960	0,992	-16,2284	13,3952
		4	0,6542	4,6000	0,999	-12,7160	14,0244
	4	1	3,8846	5,3716	0,886	-11,7284	19,4976
		2	-2,0708	4,9036	0,974	-16,3235	12,1819
		3	-0,6542	4,6000	0,999	-14,0244	12,7160
Amido	1	2	2,6651	5,8085	0,967	-14,2177	19,5478
		3	-5,8404	5,5540	0,723	-21,9834	10,3026
		4	-4,4183	5,3776	0,843	-20,0487	11,2121
	2	1	-2,6651	5,8085	0,967	-19,5478	14,2177
		3	-8,5055	5,1017	0,376	-23,3338	6,3229
		4	-7,0834	4,9091	0,495	-21,3519	7,1852
	3	1	5,8404	5,5540	0,723	-10,3026	21,9834
		2	8,5055	5,1017	0,376	-6,3229	23,3338

		4	1,4221	4,6051	0,989	-11,9630	14,8072
		1	4,4183	5,3776	,843	-11,2121	20,0487
	4	2	7,0834	4,9091	0,495	-7,1852	21,3519
		3	-1,4221	4,6051	0,989	-14,8072	11,9630
Cinzas		2	-1,1140*	0,2366	0,002	-1,8016	-0,4263
	1	3	-0,2729	0,2262	0,633	-0,9304	0,3847
		4	-1,0391*	0,2190	0,002	-1,6758	-0,4024
		1	1,1140*	0,2366	0,002	0,4263	1,8016
	2	3	0,8411*	0,2078	0,006	0,2371	1,4451
		4	0,0749	0,2000	0,981	-0,5063	0,6560
		1	0,2729	0,2262	0,633	-0,3847	0,9304
	3	2	-0,8411*	0,2078	0,006	-1,4451	-0,2371
		4	-0,7663*	0,1876	0,005	-1,3115	-0,2210
		1	1,0391*	0,2190	0,002	0,4024	1,6758
	4	2	-0,0749	0,2000	0,981	-0,6560	0,5063
		3	0,7663*	0,1876	0,005	0,2210	1,3115
Fibra		2	-1,5138*	0,4181	0,013	-2,7291	-0,2986
	1	3	-0,6340	0,3998	0,417	-1,7961	0,5280
		4	-1,3919*	0,3871	0,014	-2,5170	-0,2668
		1	1,5138*	0,4181	0,013	0,2986	2,7291
	2	3	0,8798	0,3672	0,124	-0,1876	1,9472
		4	0,1219	0,3534	0,985	-0,9052	1,1490
		1	0,6340	0,3998	0,417	-0,5280	1,7961
	3	2	-0,8798	0,3672	0,124	-1,9472	0,1876
		4	-0,7579	0,3315	0,149	-1,7214	0,2056
	4	1	1,3919*	0,3871	0,014	0,2668	2,5170

	2	-0,1219	0,3534	0,985	-1,1490	0,9052
	3	0,7579	0,3315	0,149	-0,2056	1,7214
Gordura Bruta	2	0,3029	0,3479	0,820	-0,7082	1,3140
1	3	-0,8418	0,3326	0,098	-1,8086	0,1250
	4	-0,0356	0,3221	0,999	-0,9717	0,9005
	1	-0,3029	0,3479	0,820	-1,3140	0,7082
2	3	-1,1447*	0,3055	0,010	-2,0328	-0,2566
	4	-0,3385	0,2940	0,665	-1,1930	0,5160
	1	0,8418	0,3326	0,098	-0,1250	1,8086
3	2	1,1447*	0,3055	0,010	0,2566	2,0328
	4	0,8062*	0,2758	0,049	0,0046	1,6078
	1	0,0356	0,3221	0,999	-0,9005	0,9717
4	2	0,3385	0,2940	0,665	-0,5160	1,1930
	3	-0,8062*	0,2758	0,049	-1,6078	-0,0046
Proteína	2	0,2207	0,5693	0,979	-1,4339	1,8753
1	3	3,2598*	0,05443	0,000	1,6777	4,8419
	4	3,5602*	0,05270	0,000	2,0283	5,0920
	1	-0,2207	0,05693	0,979	-1,8753	1,4339
2	3	3,0391*	0,5000	0,000	1,5858	4,4923
	4	3,3394*	0,4811	0,000	1,9410	4,7378
	1	-3,2598*	0,5443	0,000	-4,8419	-1,6777
3	2	-3,0391*	0,5000	0,000	-4,4923	-1,5858
	4	0,3004	0,4513	0,908	-1,0114	1,6122
	1	-3,5602*	0,5270	0,000	-5,0920	-2,0283
4	2	-3,3394*	0,4811	0,000	-4,7378	-1,9410
	3	-0,3004	0,4513	0,908	-1,6122	1,0114

ResiduoSeco	1	2	0,8794	1,1341	0,864	-2,4168	4,1757
		3	-2,9929	1,0844	0,065	-6,1447	0,1589
		4	-4,2556*	1,0499	0,006	-7,3073	-1,2038
	2	1	-0,8794	1,1341	0,864	-4,1757	2,4168
		3	-3,8723*	0,9961	0,008	-6,7675	-0,9772
		4	-5,1350*	0,9585	0,001	-7,9208	-2,3492
	3	1	2,9929	1,0844	0,065	-0,1589	6,1447
		2	3,8723*	0,9961	0,008	0,9772	6,7675
		4	-1,2627	0,8991	0,517	-3,8760	1,3507
	4	1	4,2556*	1,0499	0,006	1,2038	7,3073
		2	5,1350*	0,9585	0,001	2,3492	7,9208
		3	1,2627	0,8991	0,517	-1,3507	3,8760
Fosforo	1	2	0,0712	0,0309	0,144	-0,0186	0,1609
		3	0,0507	0,0295	0,352	-0,0352	0,1365
		4	0,0433	0,0286	0,455	-0,0398	0,1264
	2	1	-0,0712	0,0309	0,144	-0,1609	0,0186
		3	-0,0205	0,0271	0,873	-0,0993	0,0583
		4	-0,0278	0,0261	0,715	-0,1037	0,0480
	3	1	-0,0507	0,0295	0,352	-0,1365	0,0352
		2	0,0205	0,0271	0,873	-0,0583	0,0993
		4	-0,0073	0,0245	0,990	-0,0785	0,0638
	4	1	-0,0433	0,0286	0,455	-0,1264	0,0398
		2	0,0278	0,0261	0,715	-0,0480	0,1037
		3	0,0073	0,0245	0,990	-0,0638	0,0785
Potassio	1	2	-1,0142*	0,1795	0,000	-1,5360	-0,4923
		3	0,0673	0,1717	0,979	-0,4316	0,5663

		4	-0,2600	0,1662	0,429	-0,7431	0,2231
		1	1,0142*	0,1795	0,000	0,4923	1,5360
	2	3	1,0815*	0,1577	0,000	0,6232	1,5398
		4	0,7542*	0,1517	0,001	0,3131	1,1952
		1	-0,0673	0,1717	0,979	-0,5663	0,4316
	3	2	-1,0815*	0,1577	0,000	-1,5398	-0,6232
		4	-0,3273	0,1423	0,145	-0,7411	0,0864
		1	0,2600	0,1662	0,429	-0,2231	0,7431
	4	2	-0,7542*	0,1517	0,001	-1,1952	-0,3131
		3	0,3273	0,1423	0,145	-0,0864	0,7411
Calcio		2	-0,0108	0,0273	0,978	-0,0902	0,0686
	1	3	-0,0253	0,0261	0,768	-0,1012	0,0506
		4	-0,0317	0,0253	0,606	-0,1052	0,0418
		1	0,0108	0,0273	0,978	-0,0686	0,0902
	2	3	-0,0145	0,0240	0,929	-0,0842	0,0552
		4	-0,0208	0,0231	0,804	-0,0879	0,0463
		1	0,0253	0,0261	0,768	-0,0506	0,1012
	3	2	0,0145	0,0240	0,929	-0,0552	0,0842
		4	-0,0063	0,0217	0,991	-0,0693	0,0566
		1	0,0317	0,0253	0,606	-0,0418	0,1052
	4	2	0,0208	0,0231	0,804	-0,0463	0,0879
		3	0,0063	0,0217	0,991	-0,0566	0,0693
Ferro		2	0,0002	0,0006	0,981	-0,0014	0,0018
	1	3	0,0003	0,0005	0,921	-0,0012	0,0019
		4	0,0005	0,0005	0,749	-0,0010	0,0020
	2	1	-0,0002	0,0006	0,981	-0,0018	0,0014

		3	0,0001	0,0005	0,994	-0,0013	0,0015	
		4	0,0003	0,0005	0,911	-0,0011	0,0017	
		1	-0,0003	0,0005	0,921	-0,0019	0,0012	
	3	2	-0,0001	0,0005	0,994	-0,0015	0,0013	
		4	0,0002	0,0004	0,975	-0,0011	0,0015	
	4	1	-0,0005	0,0005	0,749	-0,0020	0,0010	
		2	-0,0003	0,0005	0,911	-0,0017	0,0011	
		3	-0,0002	0,0004	0,975	-0,0015	0,0011	
	Cobre	1	2	0,0000	0,0001	1,000	-0,0002	0,0002
			3	0,0001	0,0001	0,266	-0,0001	0,0004
4			0,0001	0,0001	0,650	-0,0001	0,0003	
2		1	0,0000	0,0001	1,000	-0,0002	0,0002	
		3	0,0001	0,0001	0,206	-0,0001	0,0003	
		4	0,0001	0,0001	0,584	-0,0001	0,0003	
3		1	-0,0001	0,0001	0,266	-0,0004	0,0001	
		2	-0,0001	0,0001	0,206	-0,0003	0,0001	
		4	-0,0001	0,0001	0,787	-0,0002	0,0001	
4		1	-0,0001	0,0001	0,650	-0,0003	0,0001	
		2	-0,0001	0,0001	0,584	-0,0003	0,0001	
		3	0,0001	0,0001	0,787	-0,0001	0,0002	
Zinco		1	2	0,0001	0,0001	0,781	-0,0002	0,0004
			3	0,0004	0,0001	0,010	0,0001	0,0007
			4	0,0003*	0,0001	0,037	0,0000	0,0006
	2	1	-0,0001	0,0001	0,781	-0,0004	0,0002	
		3	0,0003*	0,0001	0,041	0,0000	0,0006	
		4	0,0002	0,0001	0,160	-0,0001	0,0005	

	1	-0,0004*	0,0001	0,010	-0,0008	-0,0001
	2	-0,0003*	0,0001	0,041	-0,0006	-0,0000
	4	-0,0001	0,0001	0,776	-0,0003	0,0002
	1	-0,0003*	0,0001	0,037	-0,0006	-0,0000
	2	-0,0002	0,0001	0,160	-0,0005	0,0000
	3	0,0001	0,0001	0,776	-0,0002	0,0003
Manganes	2	-0,0008*	0,0003	0,029	-0,0016	-0,0001
	1	3	0,0000	0,0002	0,998	0,0008
		4	0,0002	0,0002	0,867	0,0009
	1	0,0008*	0,0003	0,029	0,0001	0,0016
	2	3	0,0009*	0,0002	0,009	0,0015
		4	0,0010*	0,0002	0,002	0,0016
	1	-0,0000	0,0003	0,998	-0,0008	0,0007
	3	2	-0,0009*	0,0002	-0,0015	-0,0002
		4	0,0001	0,0002	0,894	0,0008
	1	-0,0002	0,0002	0,867	-0,0009	0,0005
	4	2	-0,0010*	0,0002	-0,0016	-0,0004
		3	-0,0001	0,0002	0,894	0,0005
Boro	2	-0,0005	0,0003	0,244	-0,0013	0,0002
	1	3	-0,0001	0,0003	0,990	0,0006
		4	-0,0000	0,0002	0,997	0,0006
	1	0,0005	0,0003	0,244	-0,0002	0,0013
	2	3	0,0004	0,0002	0,263	0,0011
		4	0,0005	0,0002	0,199	0,0011
	1	0,0001	0,0003	0,990	-0,0006	0,0008
	3	2	-0,0004	0,0002	0,263	0,0002

	4	0,0000	0,0002	0,999	-0,0006	0,0006
	1	0,0001	0,0002	0,997	-0,0006	0,0007
4	2	-0,0005	0,0002	0,199	-0,0011	0,0002
	3	-0,0000	0,0002	0,999	-0,0006	0,0006

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Tabela 25 – Valores obtidos para os Eigenvalues, percentagem de variância e cumulativa e correlação canónica para as 3 funções que foram utilizadas para determinar os centróides. Este teste foi efectuado no SPSS 19.0.

Eigenvalues				
Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	7,240 ^a	59,600	59,600	0,937
2	4,799 ^a	39,500	99,000	0,910
3	0,118 ^a	1,000	100,000	0,325

a. First 3 canonical discriminant functions were used in the analysis.

Tabela 26 – Estudo estatístico efectuado no SPSS 19.0 para determinar se os agrupamentos efectuados através do MVSP 3.1 estão correctos, em que é utilizado a distância de Mahalanobis.

Casewise Statistics													
Case Number	Actual Group	Highest Group					Second Highest Group			Discriminant Scores			
		Predicted Group	P(D>d G=g)		P(G=g D=d)	Squared Mahalanobis Distance to Centroid	Group	P(G=g D=d)	Squared Mahalanobis Distance to Centroid	Function 1	Function 2	Function 3	
			p	df									
Original	1	3	3	0,888	3	0,905	0,635	4	0,095	5,133	-1,897	-1,012	0,238
	2	4	4	0,320	3	0,976	3,502	3	0,024	10,916	-1,844	1,638	-1,541
	3	4	4	0,433	3	0,999	2,742	3	0,001	15,826	-3,061	1,751	1,512
	4	3	3	0,459	3	0,967	2,591	4	0,033	9,321	-1,619	-0,868	-1,880
	5	4	4	0,638	3	0,610	1,693	3	0,390	2,591	-2,157	0,074	-0,288
	6	4	4	0,942	3	0,995	0,394	3	0,005	11,015	-2,457	1,729	0,123
	7	3	3	0,483	3	0,998	2,460	4	0,002	15,194	-1,616	-2,602	0,684
	8	1	1	0,781	3	0,999	1,084	3	0,001	14,649	1,948	-2,347	0,598
	9	4	4	0,504	3	0,890	2,344	3	0,110	6,516	-1,243	0,454	1,276
	10	4	4	0,912	3	0,996	0,530	3	0,004	11,626	-1,754	1,829	0,556
	11	3	3	0,472	3	0,948	2,520	4	0,052	8,343	-3,111	-1,454	0,223
	12	1	1	0,166	3	1,000	5,081	3	0,000	37,557	3,237	-5,153	-0,208
	13	1	1	0,543	3	0,999	2,144	2	0,001	15,453	2,863	-1,613	0,627
	14	2	2	0,399	3	0,998	2,951	4	0,001	16,305	1,888	1,100	-0,425
	15	2	2	0,174	3	1,000	4,968	1	0,000	35,584	4,957	2,421	1,126
	16	2	2	0,624	3	1,000	1,758	4	0,000	20,670	2,157	2,210	-1,046
	17	3	3	0,330	3	0,980	3,431	1	0,012	12,255	0,033	-1,307	-1,157
	18	2	2	0,760	3	1,000	1,172	4	0,000	37,309	3,677	3,149	-0,418

Cross-validated^a	1	3	3	0,807	3	0,875	0,977	4	0,125	4,864			
	2	4	4	0,082	3	0,911	6,691	3	0,089	11,352			
	3	4	4	0,188	3	0,998	4,792	3	0,002	17,667			
	4	3	3	0,180	3	0,891	4,892	4	0,109	9,093			
	5	4	4	0,449	3	0,507	2,648	3	0,493	2,707			
	6	4	4	0,909	3	0,993	0,545	3	0,007	10,484			
	7	3	3	0,206	3	0,996	4,573	4	0,002	16,645			
	8	1	1	0,464	3	0,998	2,562	3	0,002	14,619			
	9	4	4	0,270	3	0,746	3,922	3	0,254	6,075			
	10	4	4	0,863	3	0,995	0,743	3	0,005	11,176			
	11	3	3	0,194	3	0,837	4,718	4	0,163	7,985			
	12	1	1	0,000	3	1,000	23,298	3	0,000	58,708			
	13	1	1	0,121	3	0,997	5,816	2	0,002	17,950			
	14	2	2	0,079	3	0,993	6,777	4	0,004	17,933			
	15	2	2	0,001	3	1,000	15,568	1	0,000	39,490			
	16	2	2	0,323	3	1,000	3,485	4	0,000	20,267			
	17	3	3	0,066	3	0,910	7,176	1	0,064	12,476			
	18	2	2	0,536	3	1,000	2,177	4	0,000	36,983			

For the original data, squared Mahalanobis distance is based on canonical functions.

For the cross-validated data, squared Mahalanobis distance is based on observations.

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

Tabela 27 – Correlações de Pearson, efectuadas através do SPSS 19.0, para determinar o tipo de relação que os parâmetros analisados têm entre si.

Correlations																
		Acucares Soluveis	Amido	Cinzas	Fibra	Gordur aBruta	Proteina	Residu oSeco	Fosforo	Potassio	Calcio	Ferro	Cobre	Zinco	Manganes	Boro
Acucares Soluveis	Pearson Correlation	1,000	-0,648**	0,060	0,055	0,286	-0,222	0,081	0,285	-0,117	0,364	0,040	0,172	-0,194	-0,148	0,160
	Sig. (2- tailed)		0,004	0,813	0,828	0,249	0,376	0,750	0,251	0,643	0,138	0,876	0,495	0,442	0,557	0,527
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Amido	Pearson Correlation	-0,648**	1,000	-0,057	0,043	0,005	-0,353	0,337	-0,330	-0,187	-0,007	-0,074	-0,331	-0,179	-0,030	-0,513*
	Sig. (2- tailed)		0,004	0,822	0,865	0,984	0,151	0,171	0,181	0,458	0,977	0,769	0,179	0,477	0,907	0,030
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cinzas	Pearson Correlation	0,060	-0,057	1,000	0,727* *	-0,302	-0,078	0,235	-0,356	0,760**	0,087	-0,211	0,061	-0,045	0,222	0,246
	Sig. (2- tailed)		0,813	0,822	0,001	0,223	0,760	0,348	0,147	0,000	0,732	0,400	0,809	0,858	0,376	0,325
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Fibra	Pearson Correlation	0,055	0,043	0,727**	1,000	-0,371	-0,187	0,097	-0,172	0,596**	-0,007	0,029	0,058	-0,285	0,010	0,035
	Sig. (2- tailed)		0,828	0,865	0,001	0,130	0,457	0,700	0,496	0,009	0,977	0,908	0,818	0,252	0,967	0,890
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Gordura Bruta	Pearson Correlation	0,286	0,005	-0,302	-0,371	1,000	-0,458	0,497*	0,024	-0,504*	0,387	-0,068	-0,460	-0,551*	-0,336	-0,299

	Sig. (2-tailed)	0,249	0,984	0,223	0,130		0,056	0,036	0,924	0,033	0,113	0,790	0,055	0,018	0,173	0,228
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Proteína	Pearson Correlation	-0,222	-0,353	-0,078	-0,187	-0,458	1,000	-0,807**	-0,055	0,481*	-0,495*	0,211	0,391	0,641**	0,616**	0,424
	Sig. (2-tailed)	0,376	0,151	0,760	0,457	0,056		0,000	0,830	0,043	0,037	0,400	0,108	0,004	0,007	0,080
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
ResiduoSeco	Pearson Correlation	0,081	0,337	0,235	0,097	0,497*	-0,807**	1,000	-0,063	-0,391	0,464	-0,208	-0,402	-0,497*	-0,575*	-0,481*
	Sig. (2-tailed)	0,750	0,171	0,348	0,700	0,036	0,000		0,803	0,109	0,052	0,407	0,098	0,036	0,013	0,043
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Fosforo	Pearson Correlation	0,285	-0,330	-0,356	-0,172	0,024	-0,055	-0,063	1,000	-0,383	-0,161	-0,067	0,000	0,005	-0,549*	-0,314
	Sig. (2-tailed)	0,251	0,181	0,147	0,496	0,924	0,830	0,803		0,117	0,524	0,791	1,000	0,983	0,018	0,205
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Potasio	Pearson Correlation	-0,117	-0,187	0,760**	0,596*	-0,504*	0,481*	-0,391	-0,383	1,000	-0,193	-0,048	0,213	0,270	0,651**	0,459
	Sig. (2-tailed)	0,643	0,458	0,000	0,009	0,033	0,043	0,109	0,117		0,442	0,849	0,396	0,279	0,003	0,055
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Calcio	Pearson Correlation	0,364	-0,007	0,087	-0,007	0,387	-0,495*	0,464	-0,161	-0,193	1,000	0,258	0,063	-0,006	0,016	-0,228
	Sig. (2-tailed)	0,138	0,977	0,732	0,977	0,113	0,037	0,052	0,524	0,442		0,301	0,805	0,982	0,951	0,363

	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Ferro	Pearson Correlation	0,040	-0,074	-0,211	0,029	-0,068	0,211	-0,208	-0,067	-0,048	0,258	1,000	0,314	0,386	0,144	0,128
	Sig. (2-tailed)	0,876	0,769	0,400	0,908	0,790	0,400	0,407	0,791	0,849	0,301		0,205	0,113	0,568	0,614
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Cobre	Pearson Correlation	0,172	-0,331	0,061	0,058	-0,460	0,391	-0,402	0,000	0,213	0,063	0,314	1,000	0,579*	0,176	0,386
	Sig. (2-tailed)	0,495	0,179	0,809	0,818	0,055	0,108	0,098	1,000	0,396	0,805	0,205		0,012	0,484	0,113
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Zinco	Pearson Correlation	-0,194	-0,179	-0,045	-0,285	-0,551*	0,641**	-0,497*	0,005	0,270	-0,006	0,386	0,579*	1,000	0,493*	0,299
	Sig. (2-tailed)	0,442	0,477	0,858	0,252	0,018	0,004	0,036	0,983	0,279	0,982	0,113	0,012		0,038	0,229
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Manganes	Pearson Correlation	-0,148	-0,030	0,222	0,010	-0,336	0,616**	-0,575*	-0,549*	0,651**	0,016	0,144	0,176	0,493*	1,000	0,441
	Sig. (2-tailed)	0,557	0,907	0,376	0,967	0,173	0,007	0,013	0,018	0,003	0,951	0,568	0,484	0,038		0,067
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Boro	Pearson Correlation	0,160	-0,513*	0,246	0,035	-0,299	0,424	-0,481*	-0,314	0,459	-0,228	0,128	0,386	0,299	0,441	1,000
	Sig. (2-tailed)	0,527	0,030	0,325	0,890	0,228	0,080	0,043	0,205	0,055	0,363	0,614	0,113	0,229	0,067	
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tabela 28 – Valores obtidos através do MVSP 3.1 na construção do gráfico PCOA para as variedades de batata-doce analisadas neste trabalho.

Gower General Similarity Coefficient					
Eigenvalues					
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5
Eigenvalues	1,208	0,639	0,464	0,390	0,345
Percentage	24,120	12,758	9,270	7,791	6,901
Cum. Percentage	24,120	36,879	46,148	53,939	60,84
PCO case scores					
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5
i1005	0,275	0,110	0,023	0,127	-0,057
i1010	0,056	0,005	-0,100	-0,134	0,007
i1012	0,266	-0,251	0,064	0,166	-0,059
i1017	0,243	0,167	0,054	0,176	-0,060
i1018	0,111	-0,116	-0,213	-0,013	0,245
i1021	0,114	-0,284	-0,180	0,010	0,144
i1028	0,321	0,166	0,086	0,175	-0,051
i1036	-0,149	0,260	-0,186	-0,036	0,141
i1038	0,245	-0,118	0,118	-0,179	-0,196
i1047	0,101	-0,153	-0,020	-0,303	0,060
inglesa	0,251	-0,002	-0,008	-0,003	0,136
a187-05	-0,281	0,372	0,009	-0,081	0,071
a204-05	-0,211	0,233	0,040	-0,119	-0,055
a347-05	-0,211	-0,056	0,116	0,149	0,053
a348-05	-0,596	-0,174	0,092	0,257	0,093
a452-05	-0,299	-0,090	-0,390	0,036	-0,384
a496-05	0,074	0,157	0,157	-0,063	-0,054
a960-10	-0,312	-0,225	0,336	-0,166	-0,035

Tabela 29 – Valores obtidos através do MVSP 3.1 na construção do gráfico PCOA para as variedades de batata-doce analisadas neste trabalho e para as ilhas de Salomão, Tonga, PNG, Samoa, Fiji e Sri Lanka.

Gower General Similarity Coefficient		
Eigenvalues		
	Axis 1	Axis 2
Eigenvalues	1,594	0,839
Percentage	23,25	12,238
Cum. Percentage	23,25	35,487
PCO case scores		
	Axis 1	Axis 2
Ilhas do Pacífico	0,267	0,175
Ilhas Salomão	0,29	0,24
Ilhas Tonga	0,046	0,245
PNG	0,315	0,097
Ilhas de Samoa	0,38	0,134
Ilhas Fiji	0,175	0,18
Sri Lanka	-0,014	0,287
Madeira	-0,273	-0,008
i1005	-0,374	0,078
i1010	-0,137	-0,142
i1012	-0,423	-0,126
i1017	-0,365	0,126
i1018	-0,186	0,109
i1021	-0,203	0,059
i1028	-0,314	0,085
i1036	0,11	-0,08
i1038	-0,196	-0,324
i1047	-0,033	-0,171
inglesa	-0,237	0,158
Açores	0,146	-0,174
a187-05	0,301	-0,07
a204-05	0,199	-0,111
a347-05	-0,035	-0,006
a348-05	0,279	-0,301
a452-05	-0,071	-0,318
a496-05	0,037	0,091
a960-10	0,313	-0,234

Tabela 30 – Valores obtidos através do MVSP 3.1 na construção do gráfico PCOA para as médias calculadas para as variedades de batata-doce analisadas neste trabalho e para as ilhas de Salomão, Tonga, PNG, Samoa, Fiji e Sri Lanka.

Gower General Similarity Coefficient			
	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalues	0,736	0,674	0,407
Percentage	27,070	24,792	14,964
Cum. Percentage	27,070	51,862	66,826
PCO case scores			
	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Ilhas Salomão	-0,302	-0,061	-0,396
Ilhas Tonga	-0,064	-0,189	-0,234
PNG	-0,181	0,145	0,007
Ilhas de Samoa	-0,325	0,237	0,203
Ilhas Fiji	-0,180	0,019	0,224
Sri Lanka	0,144	-0,620	0,254
Madeira	0,590	0,058	-0,166
Açores	0,318	0,411	0,109